

Université de Montréal

La dynamique spatio-temporelle de l'attention dans la lecture

par
Augustin Achouline, B.sc

Mémoire
présenté en vue de l'obtention du grade de maîtrise en psychologie (M.Sc.)
sous la direction de Martin Arguin, Ph.D.

©, Augustin Achouline, 2019

Résumé

Mots-clés : lecture, attention, visuo-spatiale, parallèle, sérielle, processus, longueur, mot, effet

Un grand nombre d'études examinant les aspects cognitifs et neurobiologiques de la lecture ont été conduites dans les dernières décennies. Cependant, la stratégie qui sous-tend l'identification de mots pour des lecteurs experts et la manière dont l'attention visuo-spatiale est déployée dans le temps et l'espace visuel demeurent méconnues. L'étude de Blais et al. (2009) nous apporte une avancée significative dans nos connaissances à ce sujet. La présente étude se propose d'étendre leur investigation initiale à l'aide d'un protocole capable de spécifier comment l'information visuelle est extraite dans l'espace et dans le temps au cours d'une tâche de reconnaissance de mot chez des lecteurs neurotypiques.

16 étudiants ont été testés à l'aide d'une tâche inspirée de la méthode des « Bulles ». Ils devaient lire des mots français de cinq lettres présentés pendant 200 ms et échantillonnés dans l'espace-temps avec un ratio signal/bruit variant aléatoirement et de manière indépendante pour chaque position de lettre. Un bloc de 150 essais de pratique était d'abord complété, pendant lequel le ratio signal/bruit était ajusté de manière à maintenir le taux de succès à 51%. Ensuite, quatre blocs de 150 essais chacun étaient complétés, eux même suivis d'un nouveau bloc de 75 essais d'entraînement afin de réajuster le ratio signal/bruit maximum. Enfin, quatre blocs additionnels de 150 essais chacun étaient complétés.

Les analyses examinent comment les variations temporelles du ratio signal/bruit déterminent le taux d'acuité des participants. Des images de classification dans le domaine temporel ont été construites pour chaque participant en soustrayant la somme pondérée des profils temporels de ratio

signal/bruit des essais incorrects de ceux associés à une réponse correcte.

Nous avons également construit des images de classification dans le domaine temps-fréquence qui indiquent la contribution de bandes de fréquences spécifiques pour l'efficacité d'encodage en fonction du temps. Les images de classifications individuelles étaient transformées en scores Z afin d'être sur une même échelle et pouvoir ainsi calculer des moyennes de groupes. La significativité statistique était déterminée par l'application du test Pixel.

Les résultats suggèrent un processus d'extraction des lettres sériel, dans lequel l'ordre des lettres est fonction de la valeur diagnostique de cette lettre pour l'identification correcte du mot. Ces observations sont inconsistantes avec un modèle d'extraction parallèle, généralement admis pour expliquer l'absence d'effet de longueur de mot dans la lecture experte. Elles semblent en effet indiquer un mode de traitement sériel des lettres à l'intérieur duquel le traitement de plusieurs lettres conjointes reste possible. L'absence d'effet de longueur du mot dans un contexte de traitement sériel serait expliquée par l'hypothèse que le nombre de lettres à identifier (et/ou le nombre de fixations attentionnelles requis) demeure fixe, quelque soit la longueur du mot. Cependant, cette hypothèse reste encore à étayer ; en testant ce protocole sur des mots de différentes longueurs.

Abstract

Keywords: reading, visuospatial, attention, parallel, serial, processing, word, length, effect

A vast number of studies examining the cognitive and neurobiological aspects of reading have been conducted in the past decades. However, the strategy underlying expert word identification and the way visuospatial attention is deployed across time and space remains unknown. The study from Blais et al. (2009) offered a significant advance to our knowledge in this regard. The present study extends this initial investigation by using a protocol which can specify how visual information is extracted in space and time during visual word recognition in neurotypical readers.

16 students were tested using an adaptation of the « Bubbles » technique. Participants read five-letter French words exposed for 200 ms and sampled in space-time by random signal-to-noise ratio (SNR) variations which were independent for each letter position. Participants first completed a 150-trial practice session during which the maximum allowable SNR was adjusted in order to maintain accuracy at about 51% correct. Then, four experimental blocks of 150 trials each were completed. This was followed by a 75-trial practice block to readjust the maximum allowable SNR. Finally, four additional blocks of 150 experimental trials each were conducted.

Data analyses examined how the temporally varying signal/noise determined the response accuracy of participants. Classification images in the temporal domain were constructed for each participant by subtracting the weighted sum of the temporal profiles of signal/noise ratios of incorrect trials from those associated with correct responses. We also constructed classification images in the time-frequency domain which indicate the contribution of particular frequencies as a function of time to processing effectiveness. Individual classification images were transformed into Z scores to put them on the same scale, thereby allowing the calculation of group means. Statistical significance was

determined by the application of the Pixel test.

The results suggest a serial processing of letter extraction information in which the order of letters is a function of the diagnostic value of that letter for word identification. These observations are inconsistent with a parallel processing model, which is the generally accepted account for the invariant latency of expert visual word recognition as a function of word length. These would seem to indicate a serial processing of letters within which several joint letters are still possible. The absence of word length effect in the serial processing would be explained by the number of letters (and/or the number of attention attachments required) which remains constant whatever the length of the word. However, this hypothesis still need to be substantiated by testing this protocol on words of different lengths.

Table des matières

Résumé.....	2
Abstract.....	4
Table des matières.....	6
Liste des sigles.....	8
Remerciements.....	9
Introduction.....	10
Contexte théorique.....	13
Les bases neurobiologiques de la lecture.....	13
Oscillations cérébrales et lecture.....	16
Les mouvements des yeux au cours de la lecture	18
Les modèles théoriques de la lecture.....	20
Objectifs et hypothèses.....	25
Méthodologie.....	25
Participants.....	25
Matériel.....	26
Procédure.....	28
Résultats.....	30
Domaine temporel.....	30
Analyses temps-fréquence.....	32
Analyses phase-amplitude.....	35
Analyses de conjonction.....	36
Discussion.....	47

Images de classification des profils d'échantillonnage.....	47
Images de classification des conjonctions de lettres.....	50
Conclusions.....	51
Références.....	52
Annexes.....	66
I) Liste des mots utilisés dans l'expérience.....	66
II) Matrices de corrélation de l'échantillonnage temporel (par paires de sujets).....	86
III) Analyses phase-amplitude.....	96

Liste des sigles

CGP = Conversion graphème-phonème

DSM = Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders

HG/HD = Hémisphère gauche/droit

Hz = Hertz

INSERM = Institut national de la santé et de la recherche médicale (en France)

IRM (fMRI anglais) = Imagerie par Résonance Magnétique

LCD (modèle théorique) = Local Combination Detectors

LPL (dyslexie) = lettre-par-lettre

MTM (modèle théorique) = Multiple Trace Memory

PDP (modèle théorique) = Parallel Distributed Processing

PVL = Preferred Viewed Location

RD = Radial Diffusivity (ou diffusivité radiale)

RSB = Ratio signal/bruit

V1, V2, V3, V4, VO, MT = Aires du cortex visuel

VWFA = Visual Word Form Area (Aire de la forme visuelle des mots)

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon directeur de mémoire, Monsieur Martin Arguin. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé tout au long de la réalisation de ce travail et de m'avoir encouragé dans les moments où je rencontrais des difficultés.

J'adresse mes sincères remerciements à mon camarade de laboratoire Simon Fortier-St-Pierre pour ses conseils et ses critiques qui ont guidé mes réflexions et pour avoir accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches. Je remercie également toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs encouragements ont su m'accompagner dans cette tâche.

Je remercie mes parents, Jeanne et Charles, qui ont toujours été là pour moi malgré la distance. Je remercie mes sœurs Laure, Sonia et Sarah pour leurs encouragements.

Enfin, je remercie mes amis Antoine, Tarik et Monsieur Luis pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements qui ont été d'une grande aide.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Introduction

Les premières traces connues de représentation graphique et de symbolisation de concepts remontent à la préhistoire comme l'atteste l'étude des peintures rupestres laissées par les *homos sapiens* dans des grottes paléolithiques tel que Chauvet aux alentours de 33 000 av. JC ou les grottes de Lascaux vers 18 000 av. JC (Deahene, 2007, p. 240 et p. 248). Celles-ci présentent déjà des formes très sophistiquées de représentation graphique. En effet, on observe dès lors une innovation majeure dans l'évolution des prémisses de l'écriture : Le simple tracé du contour d'une figure suffit à en évoquer l'objet (bison, cheval, etc) sans avoir besoin de passer par une reproduction de la forme en trois dimensions ni même d'en peindre la surface (Deahene, 2007, p. 240-257). Pourtant, l'invention de l'écriture moderne, c'est à dire en tant que « système codifié et organisé de signes en nombre limités permettant de transcrire l'ensemble des énoncés de la langue avec laquelle il entretient des rapports plus ou moins étroits » (Alain Gallay, 2008) est beaucoup plus tardive dans l'histoire de l'humanité. Classiquement on considère quatre grands centres géographiques au sein desquels l'écriture aurait été inventée de manière indépendante : la Mésopotamie, environ 3300 av. JC, l'Egypte vers -3000, la Chine aux alentours de -1500 ainsi que l'écriture Maya en Amérique centrale au III^e siècle avant notre ère (Viviane et al., 2012).

Quand on considère l'ancienneté des premiers systèmes d'écriture, et la grande diversité des langues écrites à travers les cultures, on peut avoir tendance à considérer le langage écrit comme universel. C'est à dire comme une potentialité innée de l'être humain, présente dans sa génétique et s'exprimant par la faculté en puissance d'apprendre à lire qui ne pourra se développer que dans un contexte relationnel stable et stimulant (apprentissage scolaire, parental ou autre). Pourtant, comme le soulève Stanislas Deahene dans son livre, *Les Neurones de la Lecture* (2007), l'écriture est une

invention culturelle et, par conséquent, le système nerveux n'a pas pu évoluer en fonction d'elle. Il nous propose dans cet ouvrage l'idée suivante, si l'histoire de l'écriture est si ancienne, son usage n'a longtemps été réservé qu'à une couche restreinte de la population. Elle se serait ainsi développée par rapport à la reconversion d'aptitudes cognitives préexistantes dans notre système visuel.

L'invention de l'imprimerie par Gutenberg au XVe siècle ainsi que son développement au cours de la renaissance ont permis une démocratisation des savoirs. On estime à 20 millions le nombre de livres imprimés dans les 50 années suivant l'invention de l'imprimerie, l'Allemagne possédant à elle seule plus de 200 ateliers d'imprimerie en 1500 (Buringh & Van Zanden, 2009). Ainsi, grâce à l'impression, le coût du livre baisse, la main-d'œuvre devient bon marché et la matière première également. Nous avons donc une population pouvant se constituer une bibliothèque privée. La production d'ouvrages ne cesse de croître durant tout l'ancien régime, passant de 200 millions au XVIe siècle au milliard en 1800 (Eisenstein, 1980) bien que le taux d'alphabétisation reste inférieur à 50% pour une bonne partie de l'Europe jusqu'à l'aube du XXème siècle. Aujourd'hui la lecture, et plus particulièrement la lecture de caractères dactylographiés, occupe une place centrale dans nos interactions avec nos pairs et notre environnement. Si les supports et les besoins auxquels ils répondent ont subi de profonds changements, la langue écrite n'a pas cessé de maintenir un rôle social important. En effet, la révolution numérique et les bouleversements qui en découlent dans les nations industrialisées à travers l'essor et le développement des technologies (notamment internet, informatique, téléphonie) se traduit par de nouvelles formes de communication et d'information (courriel, réseaux sociaux). Les supports papier traditionnels (journaux, livres) laissent progressivement leur place aux écrans (Donnat, 2009). La publicité, qui s'appuie sur des études en psychologie cognitive et en neuromarketing, utilise l'écriture combinée avec différents modes d'encodages (encodage visuel et auditif) afin de maximiser l'impact de son message sur la mémoire et le comportement des consommateurs (Fouesnant & Jeunemaître, 2012).

On observe ainsi dans les différentes sphères de nos sociétés, une abondance considérable de stimuli écrits qui placent l'individu dans une situation de surexposition quasi permanente. Selon Geisler et Murray (2003), un adulte de 25 ans, aurait lu en moyenne plus de cent millions de mots dactylographiés et été exposé à chaque mot courant de la langue plusieurs centaines de milliers de fois. Dans un tel contexte, le jeune lecteur devra accéder rapidement à un haut niveau d'expertise afin de s'émanciper intellectuellement et de parvenir à une bonne intégration sociale. Les aires visuelles de notre système nerveux semblent effectivement s'adapter à l'acquisition d'une telle expertise. Elles s'organisent et se spécialisent dans la reconnaissance et le traitement rapide de mots écrits au cours de l'apprentissage (Dehaene et al, 2010). Ainsi, d'après Dehaene et ses collaborateurs qui s'appuient sur des comparaisons avec le fonctionnement des aires visuelles chez le singe, le cortex visuel se recyclerait, effectuant une sorte de reconversion afin d'identifier et de traiter de manière spécifique les mots écrits à partir d'un système qui n'est pas, initialement et en termes d'évolution, prévu pour cette tâche. Sur la base de ces observations, deux questionnements sont soulevés par la littérature : Comment le système visuel réussit-il à s'adapter à la lecture experte et quelles sont ses limites ?

Pour appréhender ces questions, de nombreuses études en psychologie cognitive, neuropsychologie, optométrie, etc. ont proposé des paradigmes expérimentaux et permis de construire des modèles théoriques cohérents. Cependant, si certains des mécanismes sous-tendant la lecture sur les plans cognitif et neuronal sont mieux connus, de nombreuses zones d'ombre persistent encore dans la littérature. En effet, les modèles théoriques sont nombreux et en contradiction sur plusieurs plans, créant des divisions dans la communauté scientifique. Il devient ainsi primordial d'établir un protocole permettant d'appréhender plus finement la manière dont le lecteur extrait l'information visuelle contenue dans un mot, une lettre ou même un trait.

Comment l'attention visuelle se déploie-t-elle dans le temps et dans l'espace visuel pour que le lecteur puisse accéder à un encodage sémantique du mot ? C'est à cette question que nous tâcherons de

répondre afin de mieux cerner les mécanismes qui sous-tendent la lecture dite « normale » ou neurotypique.

Contexte théorique

Les bases neurobiologiques de la lecture

En 1892, le neurologue français Joseph-Jules Déjerine observe pour la première fois qu'une lésion située dans une région particulière de l'hémisphère gauche entraîne une perte sélective des capacités de lecture. Après autopsie du patient lésé, Déjerine découvrit que la zone atteinte était située dans la région ventrale occipito-temporale de l'hémisphère gauche. Par la suite, des travaux en IRM fonctionnelle vont confirmer que cette région du sillon occipito-temporal latéral présente des activations significatives lors d'une tâche de lecture. De plus, l'étude conduite par Cohen et ses collaborateurs (2002) a permis d'observer que l'aire occipito-temporale présentait des activations préférentielles à la présentation d'un mot plutôt que d'une chaîne de consonnes. Cet effet est retrouvé de manière constante chez les bons lecteurs (Dehaene, Leclech, et al., 2002). Le sillon occipito-temporal latéral appelé également « aire de la forme visuelle des mots » (visual word form area, ou VWFA) est situé au sein d'une mosaïque de régions très spécialisées dans la reconnaissance de classes diverses de stimuli visuels, comme les visages, les maisons, les lieux ou les objets (Ishai et al., 2000. Hasson et al., 2002, 2003), ce que confirment les études en électrophysiologie (Bentin, Allison, Puce et al., 1996). On pourrait ainsi considérer cette région comme le centre intégrateur de la lecture dans le cerveau.

Si des différences inter-individuelles persistent (certains sujets présentant des activations plus bilatérales que d'autres), les activations liées à la lecture restent très nettement latéralisées à gauche pour une large majorité de la population (Dehaene, Leclech, et al., 2002). Ainsi, la région occipito-temporale ventrale gauche est la première à répondre de manière invariante chez les lecteurs normaux que le mot soit présenté du côté droit ou gauche d'un point de fixation (Cohen, Dehaene et al. Brain,

2000. Molto et al., 2002). Un phénomène appelé invariance spatiale entre les hémichamps, nous permet de maintenir des performances de lecture fonctionnelles pour des mots présentés dans les deux champs visuels et ce malgré la nette dominance de l'hémisphère gauche. Ce phénomène nécessite une transmission des informations visuelles entre les hémisphères via le corps calleux.

Un paradigme expérimental proposé par Binder et ses collaborateurs (2006) nous permet d'aller encore plus loin. Ces auteurs ont utilisé quatre catégories de non-mots construits en fonction de la régularité orthographique des bigrammes qui les constituent. C'est à dire que les paires de lettres sont contrôlées par rapport à leur fréquence d'apparition dans la langue. Ils remarquent de cette manière que les activations de la région occipito-temporale sont d'une amplitude proportionnelle à la fréquence des bigrammes utilisés pour construire les non-mots. Ces observations suggèrent que les règles d'orthographe arbitrairement apprises dans un cadre culturel défini (une langue, un alphabet) sont codées sur le plan physiologique, les neurones se spécialisant pour reconnaître des configurations de lettres fréquentes.

Des études en magnétoencéphalographie se sont penchées sur le trajet emprunté par l'information visuelle pendant une tâche de lecture (Donhgh et al., 2001). Le sillon occipito-temporal semble ainsi occuper une place de carrefour dans ce circuit, il reçoit des afférences depuis la région occipitale puis l'information repart en transit vers les régions temporo-pariétales (accès aux sons), précentrale (accès à la prononciation et à l'articulation) et frontale (accès au sens). Il est possible de distinguer deux grandes voies empruntées par l'information visuelle (Milner et Goodale, 2008). Une voie dorsale qui projette l'information vers le cortex pariétal supérieur et qui serait impliquée dans la localisation ainsi que dans la production des représentations nécessaires pour interagir avec les objets visuels (où, comment ?) et une voie ventrale qui s'étend jusqu'au cortex inférotemporal et serait responsable de l'identification des objets (quoi ?). Dans le cas de la lecture, on constate que le traitement visuel de matériel écrit est susceptible d'activer ces deux voies. La voie ventrale semble

principalement impliquée dans une reconnaissance rapide et parallèle des mots écrits tandis que la voie dorsale contribuerait à une lecture sérielle et attentive (voir chapitre « les modèles théoriques »). Ainsi, chez un patient présentant des lésions de la voie dorsale, on constate une incapacité à utiliser la lecture sérielle pour des conditions d'altération du stimulus qui supposeraient la mobilisation de ces processus : orientation du mot cible à la verticale ou inversé (de droite à gauche), angle de rotation supérieur à 80°, espacement des lettres supérieur à deux espaces (Vinckier et al., 2006).

L'ensemble des aires visuelles de notre système nerveux est organisé de façon hiérarchique : l'information est d'abord traitée dans le cortex visuel primaire (V1) puis par les aires V2, V3, V4, VO et enfin VWFA dans le cas de la voie ventrale. D'autres aires comme l'aire MT sont activées par la voie dorsale. Cette dernière aurait une implication dans les mouvements oculaires et attentionnels pendant la lecture (Leigh et Zee, 2015). La lecture experte dite "normale" requerrait donc la collaboration des deux voies de traitement de l'information visuelle pour fonctionner de manière optimale.

En dehors du cortex visuel, de nombreuses autres régions cérébrales s'activent lors d'une tâche de lecture (Wandell, Rauschecker et Yeatman, 2012). Il s'agit d'aires ayant une implication dans le langage et donc par extension dans le traitement linguistique des mots écrits. Ainsi le gyrus temporal jouerait un rôle dans le traitement phonologique réceptif alors que le gyrus frontal inférieur "pars opercularis" serait lui impliqué dans le traitement phonologique productif. De même que le gyrus supramarginal et le gyrus frontal inférieur "pars triangularis" se rapporteraient plutôt au traitement sémantique. Les aires visuelles situées dans les lobes temporal et pariétal sont reliées à l'aire de Broca dans le cortex frontal par le faisceau arqué. Celui-ci semble occuper un rôle fondamental dans la lecture. Ainsi, l'étude en imagerie par diffusion de Yeatman et ses collaborateurs (2011) sur des enfants de 7 à 11 ans, mesure les activations d'une portion de matière blanche correspondant aux axones du faisceau arqué lors d'une tâche de lecture. Ces auteurs observent que la diffusivité Radiale (ou Radial Diffusivity, RD), correspondant au taux de diffusion de l'information dans le faisceau arqué, serait

corrélée positivement à la conscience phonologique. C'est à dire à la compréhension du fait que les mots sont composés de phonèmes ou de sons. Celle-ci se traduit notamment par la capacité à percevoir et manipuler les unités sonores du langage. Or, cette conscience phonologique représente une composante majeure de la lecture experte (Wandell et al., 2012).

Oscillations cérébrales et lecture

D'une manière générale, le terme d'oscillation renvoie à des fluctuations rythmiques de différents états d'un système. C'est à dire que les occurrences répétées d'un même état se retrouvent à des intervalles de temps similaires (Cohen, 2015). Dans le cas de systèmes biologiques, le temps entre les états n'est pas exactement identique mais possède néanmoins des propriétés rythmiques, on parlera alors avec plus de précision de « quasi-oscillation » ou de « signal quasi-périodique » comme par exemple le cycle jour-nuit, ou l'alternance des saisons. Les oscillations peuvent être représentées par une courbe sinusoïdale ou une collection de telles courbes. Elles sont toutes caractérisées par trois traits: la fréquence exprimée en Hertz (Hz) qui réfère à la vitesse des oscillations. Cela correspond au nombre de fluctuations par seconde. L'amplitude qui mesure la force de l'activité du système et la phase qui renvoie à la position du système par rapport aux oscillations.

Dans notre cerveau, des groupes de neurones présentent des activations alternantes entre des périodes d'excitabilité et d'inexcitabilité. Ces groupes de neurones agissent en envoyant des vagues d'impulsions électriques synchronisées dont l'activité est fortement oscillatoire. Plus précisément, les neurones excitateurs et inhibiteurs sont très densément interconnectés. Ainsi, lorsque des neurones excitateurs deviennent actifs, ils s'activent les uns les autres entraînant un gain massif d'excitation. Ils activeront également les neurones inhibiteurs, ce qui entraînera une diminution progressive de l'excitation. C'est ainsi qu'une activité cyclique se forme. Certains groupes de neurones répondent à

des fréquences bien spécifiques en ignorant les informations qui leur proviennent sous d'autres fréquences (Hutcheon et Yarom, 2000; Mehaffey et al., 2008). D'autres auteurs ont révélé que certaines oscillations allaient beaucoup varier alors que d'autres resteraient totalement inflexibles. Il est ainsi possible de classer ces oscillations en fonction de leur flexibilité sur un axe Stabilité-Adaptation (Cohen, 2015; Falk, 2010). Notre cerveau est capable de prédire et de préparer des actions ou des événements sur la base de ces oscillations. On peut dire alors que le système nerveux est contraint de maintenir en permanence un certain équilibre entre assez de flexibilité pour s'adapter à l'environnement, donc aux événements extérieurs imprévus et assez de régularité pour conserver ce caractère prévisible des oscillations (Cohen, 2015).

Cohen observe également que des oscillations avec différentes fréquences peuvent se produire simultanément. La transformation de Fourier permettra alors de révéler des oscillations distinctes dans le domaine fréquence. Celle-ci peut être utilisée pour décomposer le signal sinusoïdal dans le domaine temporel en composants individuels et ainsi parvenir à analyser plus finement les oscillations impliquées dans une tâche cognitive spécifique (Bracewell, 1986).

Dans le cas de la perception visuelle, les bandes de fréquences les plus fortement impliquées sont les bandes alpha (environ 10 Hz). Les oscillations sensorielles permettent une certaine flexibilité et peuvent ainsi être entraînées. Des auteurs ont présenté à leurs participants un stimulus correspondant à un flash lumineux qui se répète régulièrement. Ils observent que les régions cérébrales impliquées pour traiter ce stimulus vont adapter leurs oscillations à la fréquence du flash et présenter de meilleurs résultats lorsque la fréquence du stimulus cible correspond à la fréquence du stimulus d'entraînement qu'en condition de non-congruence (Spaak et al., 2014). De la même manière, lorsque nous lisons, notre cerveau ne traite pas les mots écrits d'une manière constante mais plutôt en fonctions d'une succession de brefs pics d'activité neuronale (Cohen, 2015).

Un des déterminants essentiels à la lecture est la notion d'attention. En effet, il arrive qu'en lisant, on ne se souvienne plus instantanément de ce que nous venons de lire. Ces montées et descentes d'attention dans le temps suivent elles-aussi un cycle rythmique, on parlera alors de fluctuations attentionnelles (voir la partie « L'attention visuo-spatiale »). Des études ont montré qu'une augmentation brusque de bande alpha se produit juste avant qu'un participant ne commette une erreur due à un écart d'attention (Cohen & Van Gaal, 2012). Ces observations semblent indiquer qu'il existe une forte corrélation entre les fluctuations attentionnelles et les oscillations d'activité neuronale dans le cortex visuel gauche pendant une tâche de lecture (Mathewson & al., 2011). En situation d'éveil, nos yeux sont en permanence en mouvement afin de collecter de nouvelles informations en provenance de notre environnement. Dans le cas de la lecture nous effectuons des saccades oculaires (voir partie suivante: « Les mouvements des yeux au cours de la lecture ») plusieurs fois par seconde en suivant, ici-encore, une rythmique répétitive. Des études ont pu montrer qu'il y avait une forte synchronisation entre les mouvements des yeux au cours de la lecture et les oscillations neuronales dans le cortex visuel (Pöppel, & Logothetis, 1986). Pour conclure, l'hypothèse qui nous servira de socle théorique pour interpréter les résultats de notre étude serait donc que l'activité fonctionnelle significative du cerveau (en l'occurrence pour une tâche de lecture de mot) serait directement sous tendue par les oscillations neuronales (Buzsaki, 2006; Arguin, 2018).

Les mouvements des yeux au cours de la lecture

Une des questions centrales pour appréhender le déploiement attentionnel au cours de la lecture est celle du contrôle oculomoteur. Ainsi, si nous sommes capables de lire, nous restons néanmoins inconscients des mouvements fins effectués par nos yeux afin de parvenir à récupérer rapidement et

efficacement l'information visuelle à partir d'un texte. De nombreuses études utilisant l'enregistrement oculaire (« Eye Tracking ») ont permis d'évaluer plus précisément la manière dont les mouvements oculaires permettent d'optimiser l'extraction d'informations visuelles à travers le temps. Cela, à l'aide d'un protocole qui laisse les stimuli inaltérés (ce qui présente l'avantage de ne pas interférer avec le processus de lecture normale). On constate alors que le regard ne suit pas une trajectoire rectiligne constante. En effet, il progresse au cours de la lecture par une succession de fixations et de saccades ainsi que par des saccades dites régressives (O'Regan, Lévy-Schoen, 1978). Lors des fixations, qui durent approximativement 200-250 ms (Rayner, 1998 ; Sereno et al., 1998 ; Sereno et al., 2000), l'œil est immobilisé sur un point du texte permettant un décodage très rapide du mot (Joseph et al., 2009 ; Quercia, 2010). C'est donc au cours de ces périodes que les opérations de saisie et de traitement de l'information visuelle vont être effectuées. Elles permettent également la préparation motrice de la prochaine saccade (Jacobs, et Lévy-Schoen, 1987). La fréquence à laquelle on estime les fixations oculaires est d'environ 3, 4 par seconde, alors que les fixations attentionnelles surviendraient à une fréquence d'environ 15-20 fixations par seconde (Wolfe, 1998). On parlera de « point de fixation initial » pour caractériser la position où le regard se pose sur un mot immédiatement après une saccade afin de le décoder rapidement. Rayner (1978) a été le premier à décrire un point de fixation initial moyen établi à partir des performances de lecteurs adultes neurotypiques. Ce point qu'il nomme PVL (Preferred Viewed Location) serait situé légèrement à gauche du centre du mot et tendrait à se rapprocher du centre à mesure que les mots présentés sont courts (McConkie et al. 1988). Les saccades, quant-à-elles, sont des mouvements balistiques extrêmement rapides d'une durée et d'une amplitude spatiale variables en fonction de la tâche et des individus (Joseph et al., 2009) ; l'amplitude moyenne d'une saccade au cours de la lecture étant de sept caractères (Quercia, 2010). Ces saccades seraient fortement influencées par la vision parafovéale du mot qui suit le mot-cible (Nazir, et al., 1998) et il est généralement admis que leur rôle est le déplacement du point focal du regard de manière à centrer

l'image d'intérêt sur la fovéa. Il n'y a donc pas d'acquisition de données écrites à proprement parler au cours des saccades (Chekaluk, et Llewellyn, 1990). De plus, on observe qu'outre les différences inter-individuelles, les saccades oculaires ainsi que les périodes de fixation sont affectées de manière différentielle par les spécificités de la tâche (Rayner, 1998). On observe également des saccades dont le mouvement est inversé (de la droite vers la gauche). Ces saccades dites « régressives » représenteraient 13 à 20% des saccades en moyenne pour une tâche standard de lecture de texte (Blythe et al., 1990). Elles sont également plus fréquentes pendant l'apprentissage de la lecture qu'à l'âge adulte. Ainsi, entre sept et vingt ans on remarque à mesure que la vitesse de lecture augmente, une diminution des temps de fixation, une augmentation de l'amplitude des saccades et une diminution de la fréquence des saccades régressives (Rayner, 1998. Joseph et al., 2009).

Les protocoles d'enregistrement oculaire ont également mis en évidence le fait que les mots monosyllabiques étaient appréhendés en une seule fixation alors que les mots de plus de deux syllabes en demandent deux ou plus (Rayner, 1998, Joseph, et al., 2009). Quoique cette méthode présente un intérêt indéniable, elle montre également des limites significatives. En effet, sa résolution temporelle est insuffisante pour révéler clairement la dynamique attentionnelle appliquée pour la reconnaissance d'un mot individuel. De plus, l'attention peut être orientée indépendamment des mouvements oculaires (Posner, 1980), ce qui implique la nécessité de coupler les résultats relatifs aux mouvements oculaires en lecture avec d'autres types de protocoles permettant un suivi des processus attentionnels au cours d'une même fixation oculaire.

Les modèles théoriques de la lecture

Actuellement dans la littérature, la majorité des modèles qui cherchent à décrire la dimension

spatiale et temporelle de l'attention dans la lecture s'appuient sur des études qui infèrent l'ordre d'extraction des informations contenues dans les lettres à partir de l'analyse des temps de réaction et des scores de précision des participants (d'après Blais et al, 2009). Les résultats de ces études s'avèrent peu contraignants sur le plan théorique et laissent ainsi place à de multiples interprétations et à des modèles explicatifs variés. Classiquement, on oppose deux grands concepts autour desquels les différentes théories vont s'articuler. Les modèles dits parallèles vont considérer que le traitement des lettres qui composent le mot est simultané. Par exemple, le modèle de traitement parallèle distribué (Parallel Distributed Processing) proposé par Seidenberg et McClelland (1989) qui consiste en l'interaction de trois ensembles de connaissances : l'orthographe, la phonologie et la sémantique. Ces ensembles sont constitués d'unités dont le pattern d'activation détermine la représentation du mot. L'hypothèse d'un traitement parallèle des indices visuels s'appuie principalement sur deux observations. Pour des mots allant de 3 à 7 lettres, on n'observe pas d'effet significatif de la longueur du mot sur la latence des réponses correctes (Weekes, 1997 ; New, 2006). Ces résultats ont été répliqués de nombreuses fois dans la littérature et semblent consistants (voir Cohen et al, 2003 ; Fiset, Arguin, & McCabe, 2006). De plus, il a été montré que l'identification des lettres est faite avec une acuité accrue lorsque la lettre est incluse dans un mot plutôt que dans une séquence de lettres aléatoires (Cattell, 1886 ; Reicher, 1969). Cet effet de supériorité du mot par rapport aux non-mots ainsi que l'absence d'effet de longueur de mot sur les temps de réponse sont concordants avec ce type de modèle explicatif.

A l'opposé, des modèles purement sériels vont supposer que le traitement perceptif s'effectue de manière séquentielle. Une lettre après l'autre et de gauche à droite. C'est le cas du modèle SERIOL proposé par Whitney et Cornelissen (2008) qui propose une explication alternative à l'absence d'effet de longueur du mot. Le processus sériel d'extraction d'information pourrait ne pas entraîner un effet de longueur de mot sur les temps de réponses si l'augmentation de la longueur des mots avait aussi un effet facilitateur contrebalancé. C'est à dire qu'à mesure que les lettres sont traitées l'une après l'autre, le

nombre de possibilités incluses dans notre réserve lexicale diminue, ce qui cause une réduction des temps d'identification. Ainsi, sur la base de ces postulats, un traitement sériel pur, n'entraînant pas d'augmentation des temps de réponses dus à un effet de longueur du mot, s'avère autant en mesure d'expliquer les données empiriques considérées que les théories rivales supposant un traitement parallèle.

Cependant, de même que certains auteurs vont revenir sur cette conception stricte de la lecture sérielle (informations traitées de manière séquentielle et de gauche à droite), tous les modèles explicatifs ne se positionnent pas de manière exclusive en faveur du traitement sériel ou parallèle. D'autres, comme le modèle à deux voies de Coltheart et al. (2001), suggèrent ainsi la coexistence de ces deux processus, qui s'appliqueraient à des fins différentes. Ainsi, la voie par assemblage qui procède à la conversion des graphèmes en phonèmes, serait particulièrement exploitée lors de l'apprentissage de la lecture et, à l'âge adulte, pour déchiffrer des mots nouveaux ou moins courants. La voie par adressage qui fait la correspondance entre le lexique orthographique et la mémoire sémantique quant-à-elle, se rapprocherait plutôt d'une lecture parallèle, témoignant de l'expertise des lecteurs adultes pour reconnaître des configurations familières de lettres. De manière relativement majoritaire, on admet aujourd'hui l'existence de ces deux modes d'encodage de l'information écrite correspondant aux voies de lecture de Coltheart et collaborateur (2001), cependant, l'idée selon laquelle la voie de conversion graphème-phonème (CGP) correspondrait à un processus de lecture purement sérielle (de même que la voie lexicale correspondrait à un processus de prise d'information purement parallèle) reste très probablement inexacte. En effet, l'idée d'une lecture sérielle appuyée sur un processus de prise d'information sérielle de gauche à droite est contraire à la grande majorité des études qui s'appuient sur l'observation des mouvements oculaires (cf. point d'attention initiale, saccades oculaires, saccades régressives). Pourtant, la manière précise dont l'information est extraite à travers le temps reste encore largement à définir et peu prise en compte dans les différents modèles théoriques.

Le modèle MTM (Multiple Trace Memory) proposé par Ans, Carbonnel et Valdois en 1998 se présente comme opposé aux modèles à deux voies car il prône la présence d'une seule voie de lecture subdivisée en deux procédures, l'une analytique et l'autre globale. Ces deux procédures reposent sur un mode d'extraction d'information sériel (pas d'extraction en parallèle donc), la procédure globale n'intervenant que lorsque la procédure analytique s'avère inefficace. Les travaux de Juphard et ses collaborateurs en 2006 montrent qu'il existe un effet du nombre de syllabes sur la vitesse de lecture pour des mots allant de deux à quatre syllabes. De plus, ils observent en prononciation, un effet préférentiel pour les mots (vs non mots) qui disparaît lors d'une tâche de décision lexicale. Ces observations sont congruentes avec le modèle MTM en ce sens que la tâche de décision lexicale reposerait sur la procédure globale alors que la procédure analytique, plus tardive, s'appliquerait à la lecture de pseudo mots dans le cas d'une lecture à voix haute (impliquant un accès à la prononciation). Il est ainsi possible de considérer que la mise en place de la procédure globale va être effective lorsque des items fréquents sont présentés pendant que la procédure analytique se déclencherait pour traiter les items peu fréquents ; d'où l'effet de longueur de mot observé par Juphard et ses collaborateurs en 2006 (voir également Ferrand & New, 2003).

Ainsi, la plupart des modèles computationnels en psychologie cognitive s'appuient sur des fondements empiriques mais détachés des neurosciences en cela qu'ils se placent sur un plan théorique et formel, sans correspondance explicite avec les structures cérébrales impliquées. Le modèle LCD (pour Local Combinaison Detectors) imaginé par Dehaenne et collaborateur en 2005, tente de modéliser les informations en provenance de la neuropsychologie de la reconnaissance visuelle. Ce modèle a pour vocation de concilier les aspects cognitifs et les structures cérébrales, ainsi que les circuits neuronaux impliqués dans la reconnaissance visuelle de mots. L'hypothèse centrale concerne l'organisation hiérarchique des neurones du système visuel. Ceux-ci ont des champs récepteurs qui

croissent à mesure qu'on monte dans la hiérarchie et sont répartis en différents niveaux, chacun dépendant du niveau inférieur. Ainsi, les différents niveaux seraient capables de traiter des informations visuelles de plus en plus complexes, respectivement : les traits, les combinaisons de traits, les lettres particulières, les lettres abstraites (avec invariance pour la casse), les paires de lettres (ou bigrammes) et enfin les petits mots ou les morphèmes. L'étude en IRM fonctionnelle menée par Cohen, Dehaene, Vinckier, Jobert et Montavont en 2008, tend à confirmer ce mode d'organisation. Ces auteurs observent des seuils critiques de rotation du stimulus (environ 40°-50°), d'espacement des lettres (environs deux espaces) et de position des mots par rapport au point de fixation initial ; au-delà desquels les temps de réponse ralentissent significativement. Les temps de réponse augmentent alors de manière linéaire en fonction du nombre de lettres contenues dans le mot, ce qui suggère l'utilisation de la lecture sérielle (cf. effet de longueur de mot). L'imagerie montre qu'au-delà de ces seuils, les régions bilatérales du lobe pariétal postérieur s'activent, or il s'agit de régions qui sont reconnues comme étant impliquées dans l'orientation de l'attention visuelle (Biotti, Pisella et Vighetto, 2012). L'interprétation proposée est donc que la voie occipito-temporale (ou voie ventrale) sous-tende la lecture parallèle rapide alors que le processus de lecture lente, sérielle et attentive qui s'active lorsque le stimulus est "difficile" à lire, se ferait sous l'égide de la voie occipito-pariétale. La voie ventrale constitue un second réseau intervenant pour renforcer l'attention au niveau des lettres. Ainsi, pour ces auteurs, la région ventrale gauche, qui joue un rôle fondamental dans l'identification visuelle de mots, est organisée de manière partiellement hiérarchique permettant une reconnaissance spécifique pour les bigrammes plus fréquents dans la langue (en l'occurrence le français) qui progresse à mesure que l'on monte dans la hiérarchie. Sur le plan neuro-anatomique, la partie la plus antérieure de cette région occipito-temporale gauche serait effectivement sensible aux mots et aux chaînes de caractères qui respectent les régularités orthographiques de la langue (Vinckier, Dehaene, Jobert, Dubus, Sigman et Cohen, 2007).

Objectifs et hypothèses

L'objectif de la présente étude est de poursuivre l'investigation de la question examinée par Blais, Arguin et al (2009) en utilisant un échantillonnage spatial au niveau de la lettre plutôt que du pixel. En réduisant le nombre de points à échantillonner sur la dimension spatiale, l'échantillonnage appliqué au niveau de la lettre plutôt que du pixel devrait nous permettre d'effectuer des analyses statistiques ayant la puissance nécessaire pour déterminer s'il est effectivement possible d'effectuer un traitement parallèle de deux ou plusieurs lettres à l'intérieur d'une même fixation attentionnelle.

Compte tenu des résultats antérieurs de Blais et al., nous nous attendons à ce que les résultats démontrent un traitement sériel dans la reconnaissance de mots écrits où l'ordre dans lequel les lettres sont traitées est fonction de leur valeur diagnostique pour l'identification du mot. Ainsi, il est prévu que les résultats falsifient l'hypothèse généralement admise d'un traitement parallèle des lettres pour l'identification des mots, de même que l'hypothèse alternative d'un traitement sériel pur des lettres se faisant dans un ordre strict de gauche à droite.

Méthodologie

Participants

Un certificat d'éthique a été obtenu auprès du comité d'éthique de la recherche en Arts et Sciences (CERAS) autorisant la réalisation de la présente étude. Un groupe de 16 étudiants de l'université de Montréal a été testé. Ceux-ci sont âgés entre 18 et 35 ans, ont le français comme langue maternelle et un niveau d'études supérieur. Ils n'ont pas de trouble neurologique ou visuel (qui ne soit

pas corrigé) et ne présentent pas de difficulté avérée en lecture ni de retard d'apprentissage. Les informations concernant le sexe et la dominance manuelle des participants ont été prises en compte mais ne constituaient pas un critère de sélection.

L'âge moyen des participants est de 23,06 ans avec un écart type de 2,28. L'échantillon compte 10 femmes et 6 hommes, 12 droitiers et 4 gauchers. Le niveau d'études moyen est de 16,81 années (à partir de la première année du primaire) avec un écart type de 1,59.

Matériel

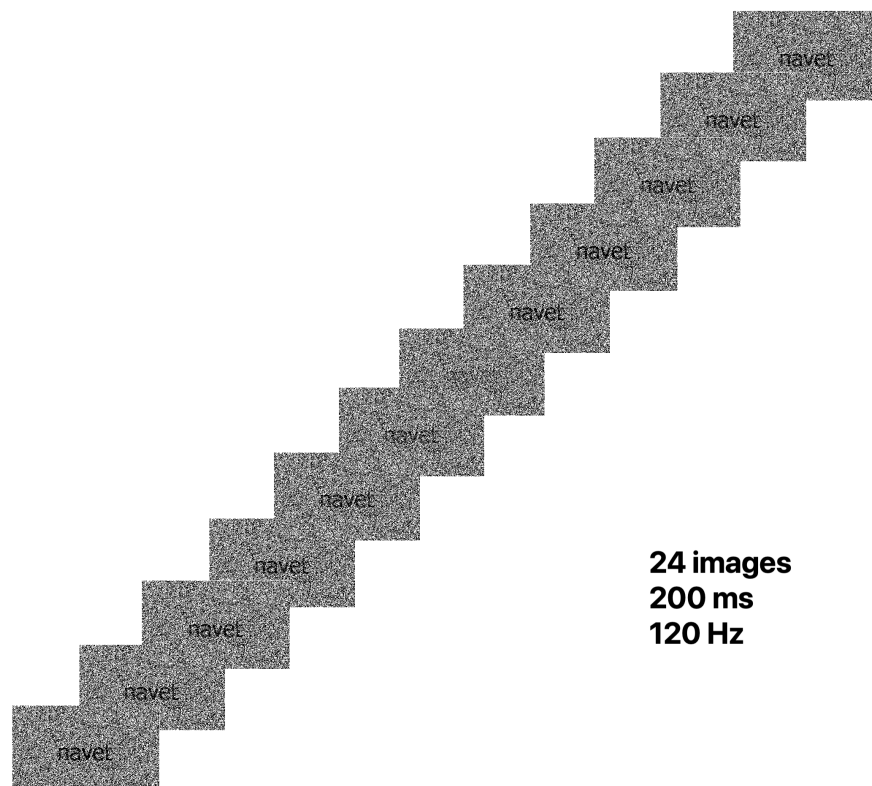
Une liste expérimentale de 600 mots et des listes de pratique de 225 mots ont été construites. Il s'agit de mots français de 5 lettres sans aucun signe diacritique. Les listes ont été construites à partir de la base de données Brulex. Les mots utilisés sont relativement fréquents (fréquence lexicale comprise entre 180 et 4000 occurrences par 10 millions) afin d'assurer un niveau minimal de familiarité. Les tâches informatiques ont été programmées à l'aide du logiciel *MatLab* et utilisent les fonctions de la *Psychophysics Toolbox* (Brainard, 1997). L'expérience est administrée à l'aide d'un ordinateur HP Compaq 6000 pro, les stimuli sont présentés sur un écran (Asus, VG248) de 1280*1024 pixels à un taux de rafraîchissement de 120 Hz. La distance des participants à l'écran est stabilisée à l'aide d'une mentonnière située à 57cm. Les mots étaient imprimés en noir (1 L) sur fond blanc (180 L).

Un stimulus est composé d'une séquence de 24 images ayant chacune une durée de 8.33 ms pour une durée totale de stimulation de 200 ms par essai. Ce stimulus consiste en un mot écrit en caractères minuscules noirs (1 lux) dactylographiés police Courier New présenté au centre de l'écran sur un fond blanc (180 lux) et combiné à un bruit blanc visuel. L'étendue spatiale de la lettre x (« x-size » : référent standard pour décrire la taille d'une police) était de 0,84 ° x 0,72 ° d'angle visuel (48

points). La fonction d'échantillonnage temporel est générée avec une valeur minimale de zéro et un maximum qui est ajusté selon les performances des participants. Le bruit qui sert de fond duquel le stimulus doit être discriminé correspond à une plage de points aléatoires; 50 % des points sont blancs, les autres sont noirs.

Le rapport signal/bruit varie aléatoirement pendant la présentation du stimulus et de manière indépendante pour chaque lettre. Ainsi, à certains moments les lettres sont facilement visibles alors qu'à d'autres elles sont fortement masquées. La limite supérieure du rapport signal/bruit est ajustée afin de maintenir la performance à 50 % de réponses correctes. Il est attendu que la durée maximale de la période de visibilité d'une lettre soit inférieure à 50 ms (ce qui, selon Wolfe, 1998 est insuffisant pour exécuter une saccade attentionnelle volontaire). En effet, la durée en question repose sur la fonction d'échantillonnage qui est constituée des fréquences de 5 Hz à 60Hz par paliers de 5 Hz. Il serait donc très improbable d'avoir une période soutenue de haute visibilité dont la durée soit supérieure à 50 m.

Figure 1 : Exemple de stimulus avec le mot « navet »



Procédure

La tâche expérimentale consistait à lire le mot présenté au centre de l'écran. Celui-ci était précédé d'une croix de fixation centrale d'une durée de 500 ms (intervalle inter-stimuli de 250 ms). Les mots constituant la liste décrite précédemment étaient présentés dans un ordre aléatoire. Immédiatement après la présentation du stimulus, les participants inscrivaient leur réponse au clavier de l'ordinateur. La touche « entrée » permettait de valider la réponse et de passer à l'essai suivant. Chaque participant a complété un total de 1200 essais expérimentaux en plus des 150 + 75 essais de pratique, ce qui correspondait à une durée de 90 à 120 minutes par participant.

Les propriétés temporelles de la stimulation à chaque essai ont été codées soit comme le RSB brut, soit d'après les caractéristiques de Fourier (amplitude et phase de chaque fréquence constitutive ; 5 à 55 Hz par pas de 5Hz) du RSB, ou comme le résultat d'une analyse temps-fréquence du RSB.

Dans le cas des analyses temps-fréquence, le profil temporel signal/bruit associé à chaque essai est soumis à une analyse temps-fréquence. Ainsi, la durée de stimulation de 200 ms a été segmentée en séries de fenêtres temporelles de Hamming avec un degré de chevauchement de 50 % entre fenêtres consécutives. Le nombre de ces fenêtres varie en fonction de la fréquence temporelle analysée (ici également, de 5 à 55 Hz par pas de 5 Hz). La règle appliquée à cette fin est la suivante : l'étendue de la fenêtre va chercher à maximiser le nombre de cycles de la fréquence temporelle analysée pouvant y tenir, jusqu'à un maximum de quatre cycles complets. Une fois cette segmentation complétée, une analyse de Fourier a été appliquée sur le contenu de chaque fenêtre.

Des images de classification reposant sur ces différentes propriétés ont ensuite été construites pour chaque participant et chaque position de lettre. Celles-ci sont construites en soustrayant la somme pondérée des propriétés temporelles correspondant aux essais erronée de celle des essais réussis. Ces images de classification ont par la suite été transformées en scores Z par bootstrap (1000 itérations) afin d'avoir tous les participants sur une même échelle et pouvoir ainsi construire des images moyennées à

travers les participants (Arguin, M., 2018). Enfin, le test Pixel ($\alpha = .05$) a été appliqué aux données pour déterminer le critère de significativité de ces résultats (Chauvin et al., 2005). Ce test va nous permettre de déterminer les valeurs significativement différentes de 0 et d'identifier des plateaux de scores Z semblables (non-significativement différents entre eux) dans nos images de classification. L'amplitude des valeurs constituant les images de classification nous renseignent sur l'efficacité du participant à traiter l'information visuelle disponible.

Enfin, nous avons conduit des analyses de conjonction dans les domaines temporel et temps-fréquence pour toutes les combinaisons possibles de lettres afin de déterminer si la disponibilité simultanée de deux ou plusieurs de ces lettres avait un effet significatif sur l'efficacité du traitement visuel réalisé par le participant.

Une analyse de cohérence inter-sujet a également été faite pour les images de classification dans les domaines temporel et temps-fréquence. Pour chaque type d'images de classification et chaque position de lettre, une matrice des corrélations incluant toutes les paires possibles de participants a été construite. La valeur de cohérence inter-sujet retenue est constituée de la moyenne des corrélations présentes dans cette matrice. L'objectif de cette analyse était de déterminer dans quelle mesure les caractéristiques du traitement visuel reflétées par ces images de classification étaient partagées à travers les participants.

Les figures présentées dans la section Résultats ont été construites de manière à y intégrer les résultats des analyses statistiques. Ainsi, lorsque les points adjacents sur les images de classification avaient des valeurs significativement différentes l'une de l'autre, ces valeurs distinctes sont illustrées sur les figures. Par contre, lorsque sept points adjacents avaient des valeurs qui n'étaient pas significativement différentes l'une de l'autre, les valeurs illustrées sur les figures en sont la moyenne. Autrement dit, toutes les variations apparaissant sur les graphiques sont significatives.

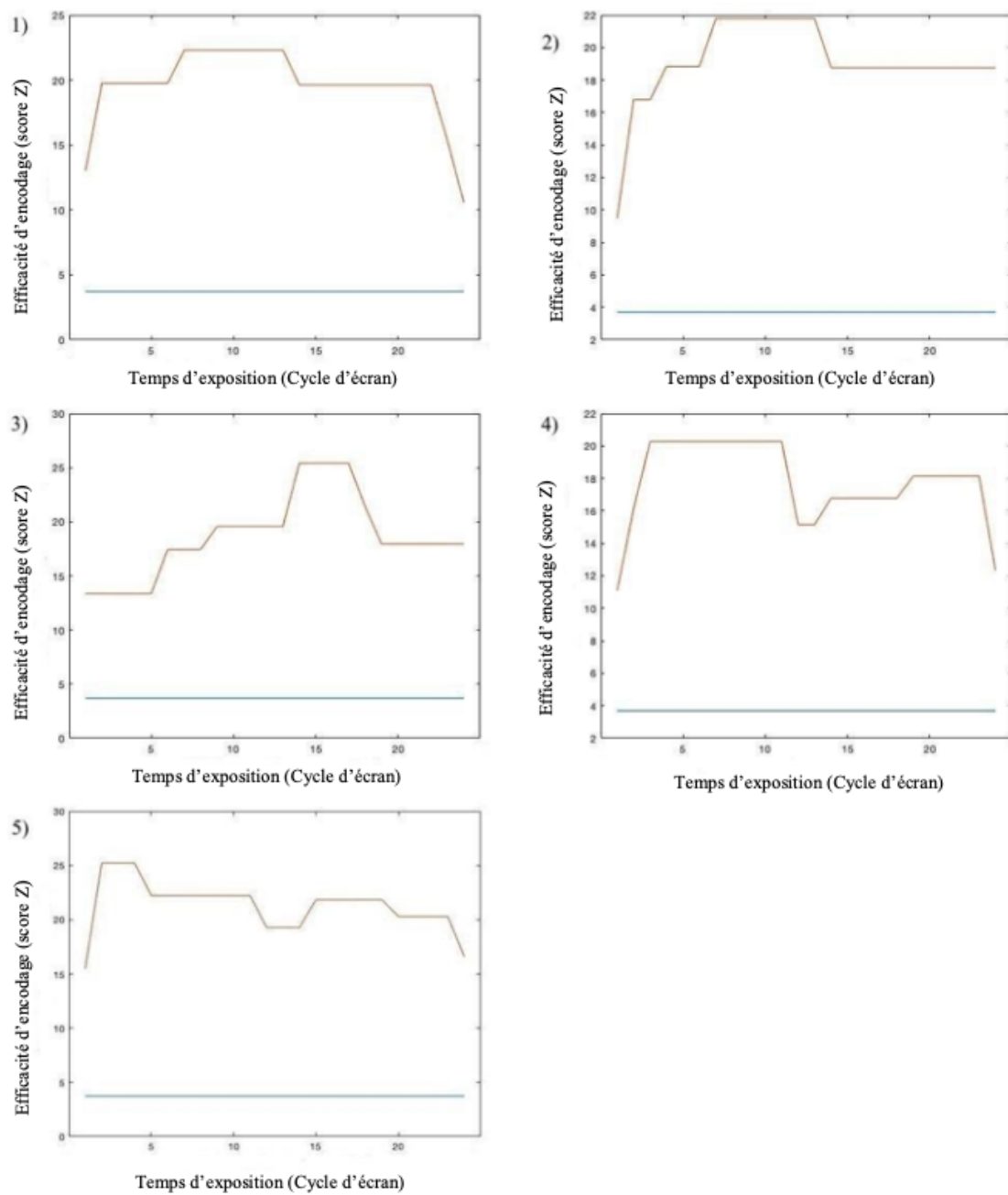
L'interprétation des résultats a été faite sur la base de l'amplitude numérique des scores obtenus sans accorder de statut particulier pour la valeur de zéro ; donc sans considérer les valeurs positives comme reflétant une facilitation ou les valeurs négatives comme reflétant une inhibition.

Résultats

Domaine temporel

Pour l'ensemble des images de classification construites dans le domaine temporel l'efficacité de traitement augmente progressivement au début de la présentation pour diminuer progressivement à la fin. Les variations observées entre ces deux extrêmes expriment les variations de la capacité d'encodage visuel des participants (exprimée en score Z) à travers les 200 ms d'exposition au stimulus. Ces résultats ont été calculés en faisant la moyenne de tous les participants pour chaque position de lettre (référés par les chiffres de 1 à 5, correspondant à la position de la lettre en commençant par la gauche et terminant par la droite). La ligne bleue correspond au critère de signification pour la différence par rapport à 0 obtenu à l'aide du test Pixel. Il est important de noter que l'étendue couverte par l'axe vertical varie à travers les positions de lettres.

Figure 2 : Images de classification moyennes dans le domaine temporel pour chaque position de lettre



L'axe vertical correspond à l'efficacité d'encodage (en score Z) et l'axe horizontal au temps d'exposition (en cycle d'écran). Les chiffres qui précèdent les graphiques réfèrent aux positions de

lettres traitées (numérotées de 1 à 5, de gauche à droite). L'étendue représentée par l'axe vertical des graphiques n'est pas toujours la même.

Les profils temporels moyens pour chaque position de lettre (Figure 2) montrent des variations significatives à travers le temps d'exposition au stimulus. Ces variations sont rapides et d'amplitude importante. De plus, les patterns moyens obtenus présentent des différences conséquentes en fonction de la position de lettre traitée. On observe ainsi, pour les positions de lettres 1, 2 et 3, un pic d'efficacité d'encodage localisé respectivement entre les cycles d'écran 6 et 14 (soit entre 50 et 117 ms) ; 6 et 14 ; 14 et 19 (117 et 160 ms) soit dans la première moitié de la présentation pour les lettres 1 et 2 et dans la seconde moitié pour la lettre 3. Au contraire, les positions de lettres 4 et 5 indiquent chacune deux périodes distinctes (ou deux pics) d'efficacité maximale de traitement. Pour la quatrième lettre, Ces pics sont situés entre les cycles d'écran 3 et 11 (25 et 91 ms) ainsi que 20 et 22 (166 et 183 ms), soit à des périodes particulièrement précoces et tardives de l'exposition du stimulus. Pour la cinquième lettre, ces maximums sont atteints aux cycles d'écran 2 et 4 (17 et 33 ms) ainsi que 16 et 19 (133 et 158 ms). On remarquera également que les variations d'efficacité d'encodage paraissent moins marquées sur cette cinquième position de lettre que sur les graphiques correspondants aux autres positions.

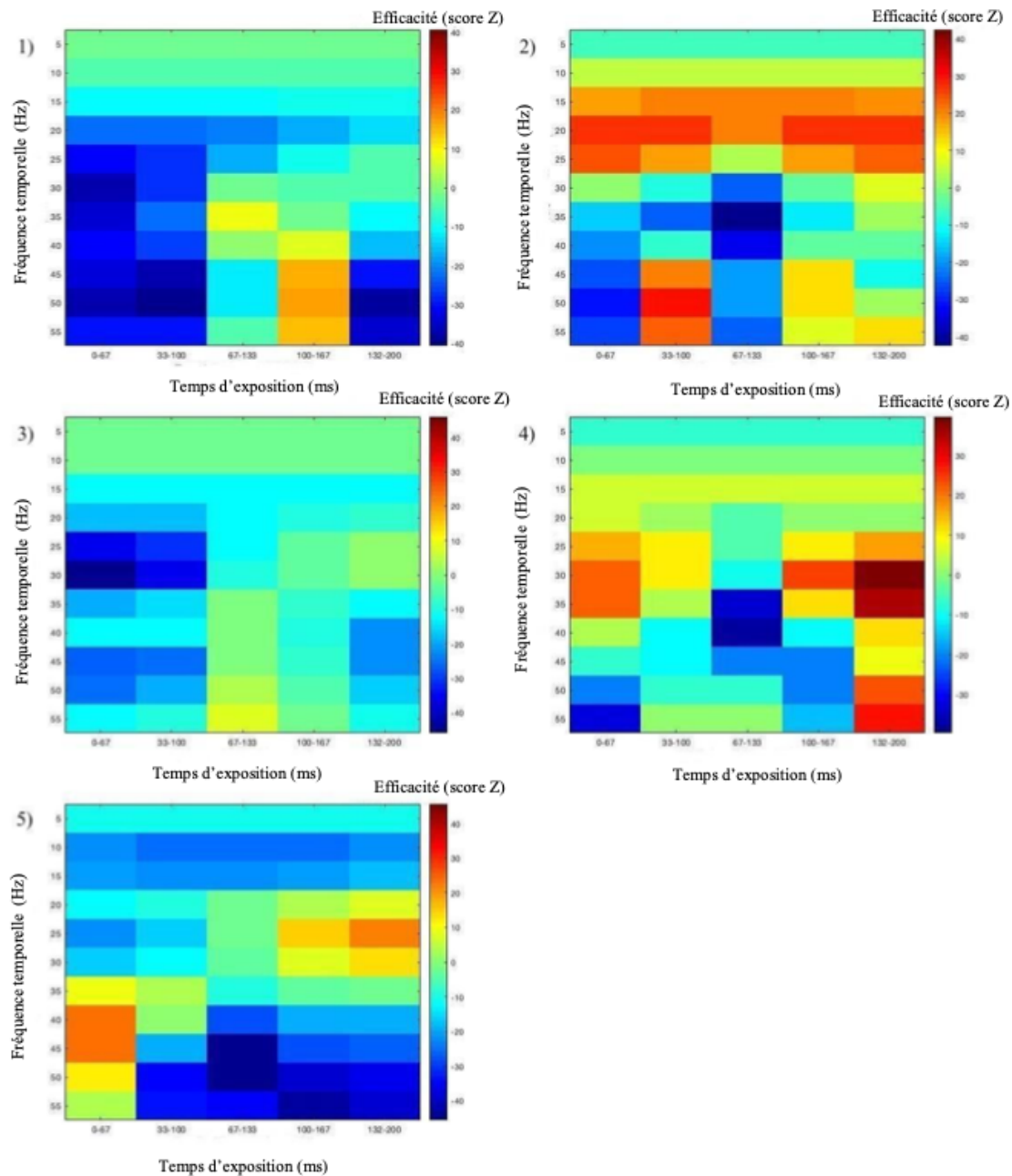
Les indices de corrélation inter-individuelles sont de .01 pour la lettre 1, -.01 pour la lettre 2, .05 pour la lettre 3, -.02 pour la lettre 4 et -.02 pour la lettre 5. À travers les différentes positions de lettres, l'indice de cohérence moyen est de .01 (Annexe II).

Analyses temps-fréquence

Les images de classification moyennes dans le domaine temps-fréquence sont présentées à la

figure 3. On observe ici, dans une mesure nettement supérieure à ce qui a été constaté dans le domaine temporel, des variations substantielles de l'activité fonctionnelle au cours du temps ainsi que l'émergence de patterns représentatifs et spécifiques à chaque position de lettre.

Figure 3 : Images de classification temps-fréquence moyennes pour chaque position de lettre



L'axe vertical de chaque graphique correspond à la fréquence d'oscillation du stimulus et l'axe horizontal à la période d'exposition (exprimée à travers des fenêtres temporelles, en ms). L'efficacité d'encodage est illustrée par le code couleur en légende, sur la droite de chaque graphique. Il est à noter que l'étendue des valeurs reflétées par ce code de couleur n'est pas identique pour tous les graphiques. Les données ont été moyennées entre les participants pour chaque position de lettre et lissées en plateaux tel que décrit précédemment.

La cohérence inter-sujet est particulièrement robuste dans le domaine temps-fréquence, avec des indices de de .79 pour la lettre 1, .84 pour la lettre 2, .78 pour la lettre 3, .90 pour la lettre 4 et .87 pour la lettre 5. À travers les différentes positions de lettres, l'indice de cohérence moyen est de .84 (Annexe II). Cela semble indiquer que nos résultats parviennent effectivement à capturer des propriétés fondamentales qui sont applicables d'un individu à l'autre de l'évolution du processus de traitement visuel à l'intérieur d'une même période de fixation oculaire.

L'examen des images de classifications moyennes pour chaque position de lettre dans le domaine temps-fréquence (Figure 3) révèle une faiblesse relative des scores Z filtrés pour les positions de lettre 1 et 3, comparativement aux positions 2,4 et 5. On observe un creux conséquent d'efficacité d'encodage sur une large bande de fréquences en début de présentation pour la première lettre. Ce creux atteint ses valeurs minimales entre 0 et 100 ms à des fréquences situées entre 20 et 55Hz. Cette première position de lettre présente également un second creux d'efficacité vers la fin de la durée d'exposition (entre 132 et 200 ms) qui se concentre particulièrement sur les hautes fréquences temporelles (entre 45 et 55Hz). On remarquera également un léger pic, pour des fréquences aux alentours de 35 Hz entre 67 et 133 ms et pour des fréquences entre 40 et 55 Hz vers 100-167 ms. Un profil comparable émerge pour la troisième lettre, mais avec des fluctuations moins importantes de

l'efficacité d'encodage (i.e. les creux et les pics d'efficacité d'encodage apparaissent aux mêmes moments et pour les mêmes bandes de fréquences mais de manière plus atténuée).

La seconde position de lettre indique un pic d'efficacité constant tout au long de la présentation pour la bande de fréquences de 15 à 25 Hz. Celui-ci est accompagné de deux pics ponctuels situés à de hautes fréquences (45-55Hz) : entre 33 et 100 ms et entre 100 et 167 ms, de manière plus atténuée. On constate aussi deux creux marqués sur le plan de l'efficacité de traitement entre 0 et 133 ms pour des fréquences allant de 30 à 55 Hz. Le profil de la lettre 4 s'apparente dans une certaine mesure à celui de la lettre 2, mais avec des variations moins marquées. Notamment pour la bande de fréquences 10-25 Hz, où l'efficacité d'encodage est nettement moindre sur l'ensemble de la durée d'exposition. Cependant, des pics particulièrement marqués apparaissent entre 25 et 35 Hz aux étapes les plus précoces et sur une plus large bande de fréquences (25-45 Hz) aux étapes les plus tardives. Enfin, la lettre 5 présente des niveaux d'efficacité de traitement globalement plus faibles que pour les lettres 2 et 4. Ceux-ci sont caractérisés par des creux conséquents entre 10 et 15 Hz tout au long de la durée d'exposition de la cible et entre 40 et 55 Hz de 33 ms jusqu'à la fin. Les pics maximaux d'efficacité d'encodage pour la lettre 5 se retrouvent aux étapes les plus précoces (bande de fréquence : 35-50 Hz) et tardives (bande de fréquence : 20-30 Hz) de la durée d'exposition.

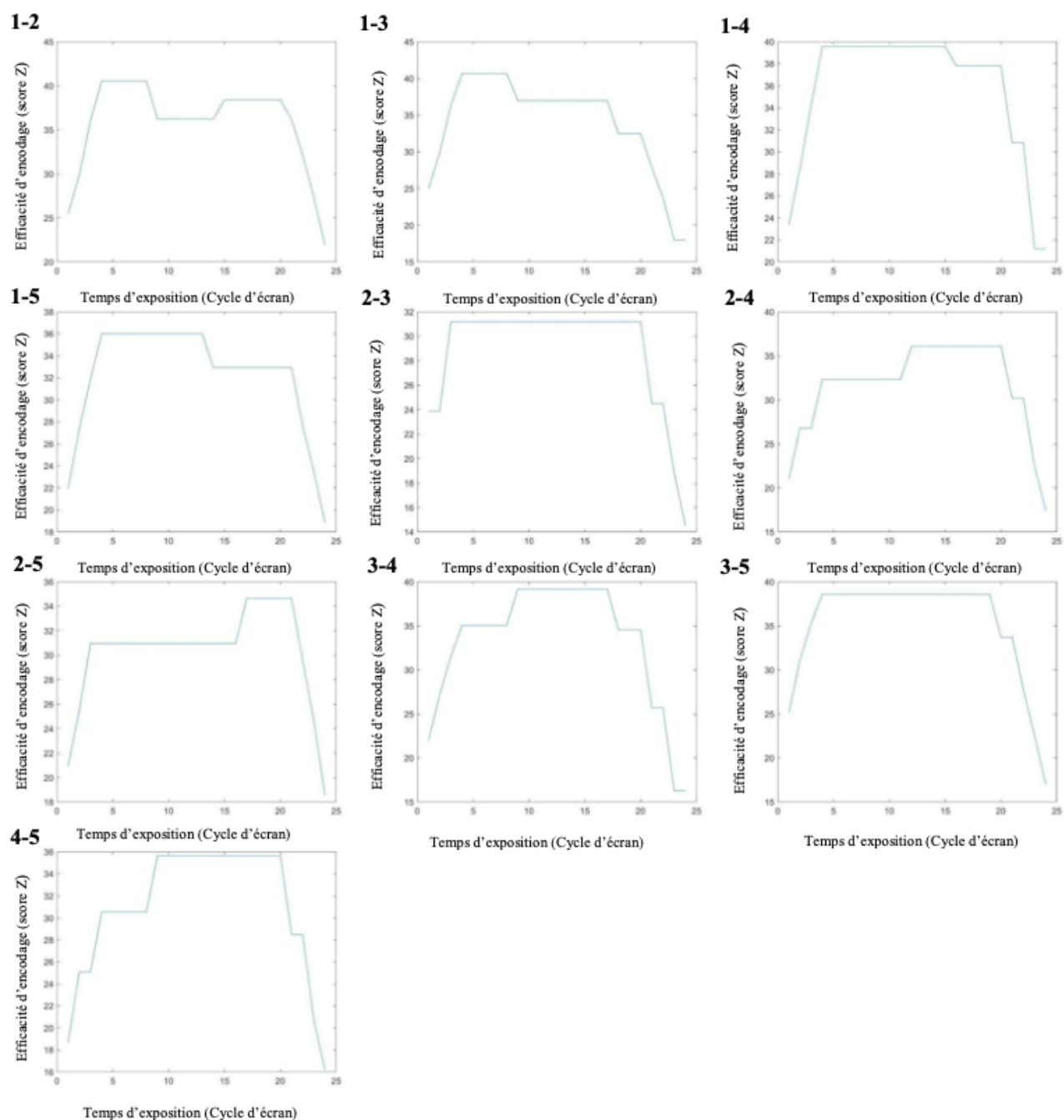
Analyses phase-amplitude

Les images de classification phase x amplitude ont toutes échoué à démontrer un quelconque effet significatif sur l'efficacité de l'encodage visuel dans la réalisation de la tâche de lecture. En effet, les images de classification ressortant de ces analyses se sont toutes avérées parfaitement uniformes (voir Annexe III).

Analyses de conjonction

Des analyses de conjonction ont été conduites afin de déterminer si la disponibilité simultanée à l'écran de deux ou plusieurs lettres avait une incidence sur les performances. On observe d'importants effets de la disponibilité conjointe de plusieurs lettres sur l'efficacité de traitement du stimulus qui varie de manière significative à travers la durée d'exposition du stimulus (Figure 4 et 5). De telles observations révèlent une capacité de traitement des conjonctions de lettres ; autrement dit, une capacité de traitement parallèle pour les combinaisons de lettres considérées. Les fluctuations de ces fonctions à travers la durée d'exposition du stimulus indiquent de quelle manière cette capacité de traitement des conjonctions varie à travers le temps. La variable utilisée pour ces analyses est le degré de visibilité conjointe de deux ou plusieurs lettres dont on examine la conjonction. Celle-ci est calculée à l'aide de la formule suivante: $(SNR1 * SNR2 * SNRn)^{(1/n)}$ où SNR correspond au rapport signal/bruit et 1, 2, n spécifie les lettres dont on examine la conjonction, n étant le nombre de lettres considérées.

Figure 4 : Images de classification temporelles moyennes pour toutes les paires de lettres possibles

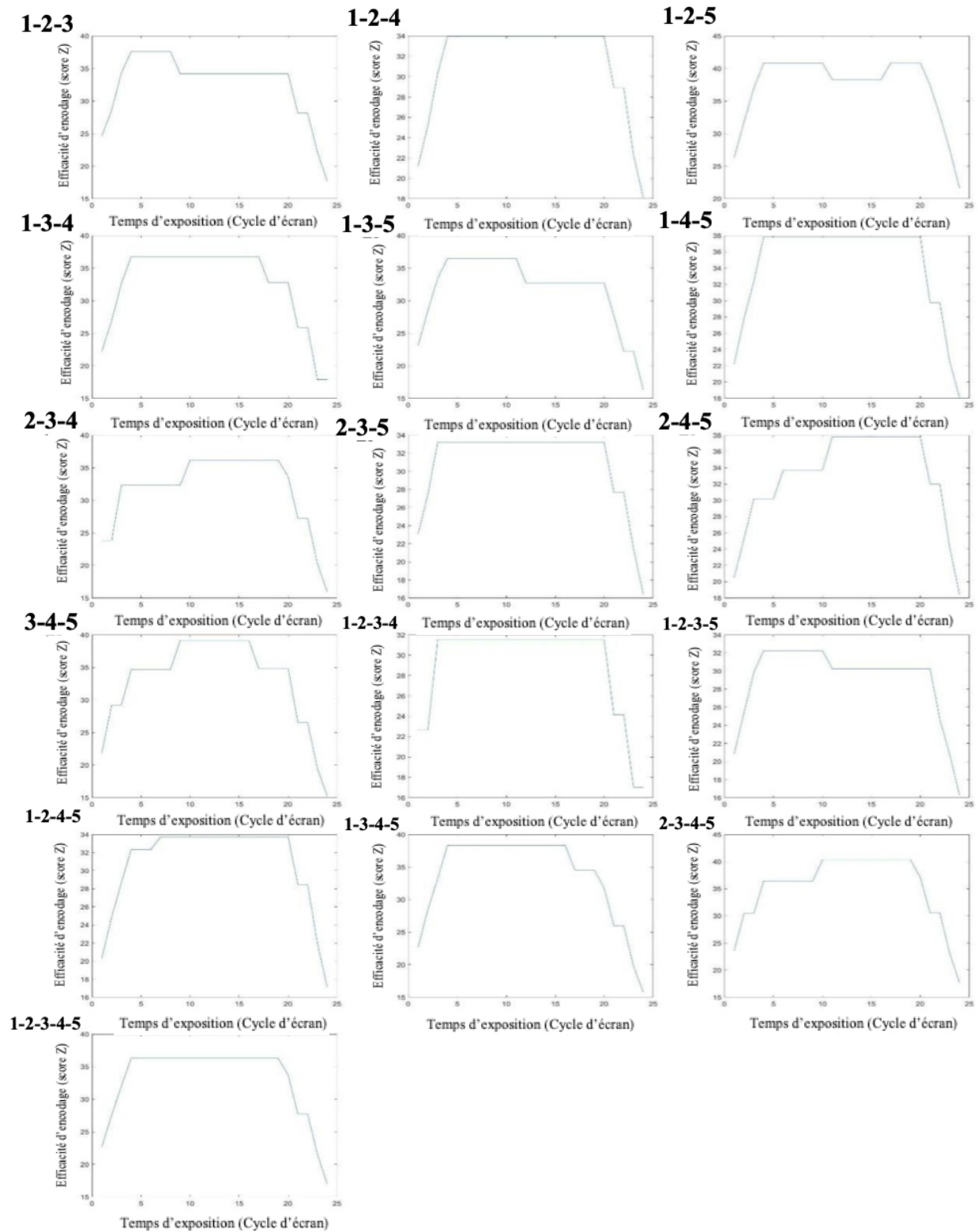


Les chiffres qui précèdent les graphiques réfèrent aux positions de lettres traitées conjointement (numérotées de 1 à 5, de gauche à droite). L'étendue représentée par l'axe vertical des

graphiques n'est pas toujours la même.

On observe d'importantes variations de la capacité d'encodage de plusieurs lettres conjointes à travers le temps et ce, pour l'intégralité des combinaisons de lettres (Figures 4 et 5). Ces observations semblent indiquer que le traitement de l'information visuelle bénéficie de la présence conjointe de deux ou plusieurs lettres afin de maximiser son efficacité. De plus, cette capacité n'est pas limitée aux lettres qui sont voisines ni aux conjonctions d'un petit nombre de lettres ; des périodes de haute efficacité sont également évidentes même pour des conjonctions de quatre ou cinq lettres.

**Figure 5 : Images de classification temporelles moyennes pour toutes les configurations de plus
de 2 lettres**

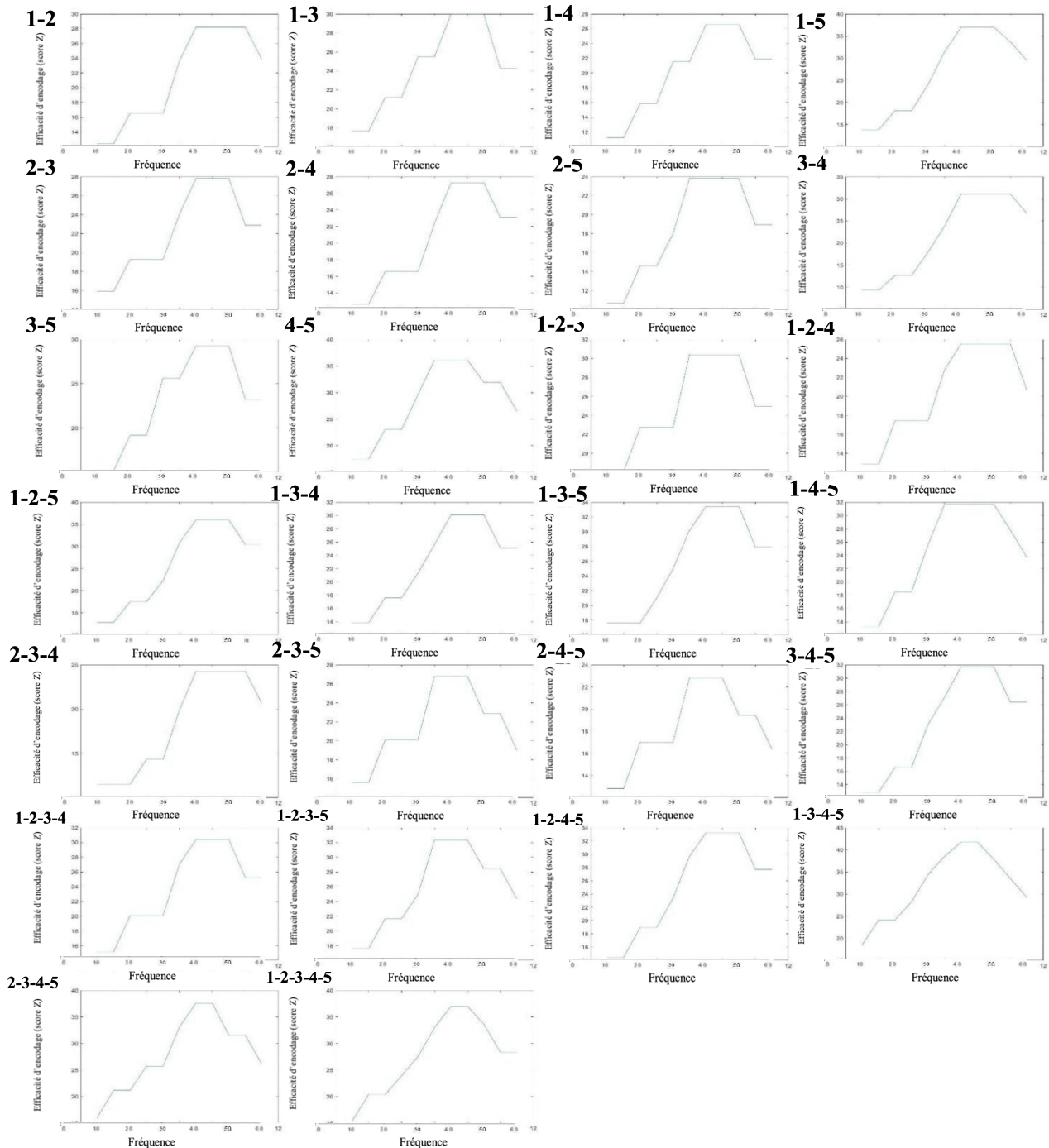


On observe sur l'ensemble des graphiques (Figure 4 et 5) que pratiquement toutes ces fonctions temporelles pour les conjonctions suivent un rythme qui semble relativement similaire partout. Cela quelque soient les localisations de lettres ou le nombre de lettres dans la conjonction. Ainsi, l'efficacité est plus basse au tout début de la présentation, puis augmente très rapidement, demeure à peu près stable jusqu'aux étapes les plus tardives de la présentation, moment auquel il y a une chute dans l'efficacité.

Des analyses de cohérence inter-sujet ont été menées afin de déterminer si les patterns observés semblaient représentatifs de la population des normolecteurs. Toutes les paires de sujets ont été testées (voir annexe II). Les indices de corrélations moyens à travers les différentes positions de lettres sont de .01 dans le domaine temporel et de .84 dans le domaine temps-fréquence.

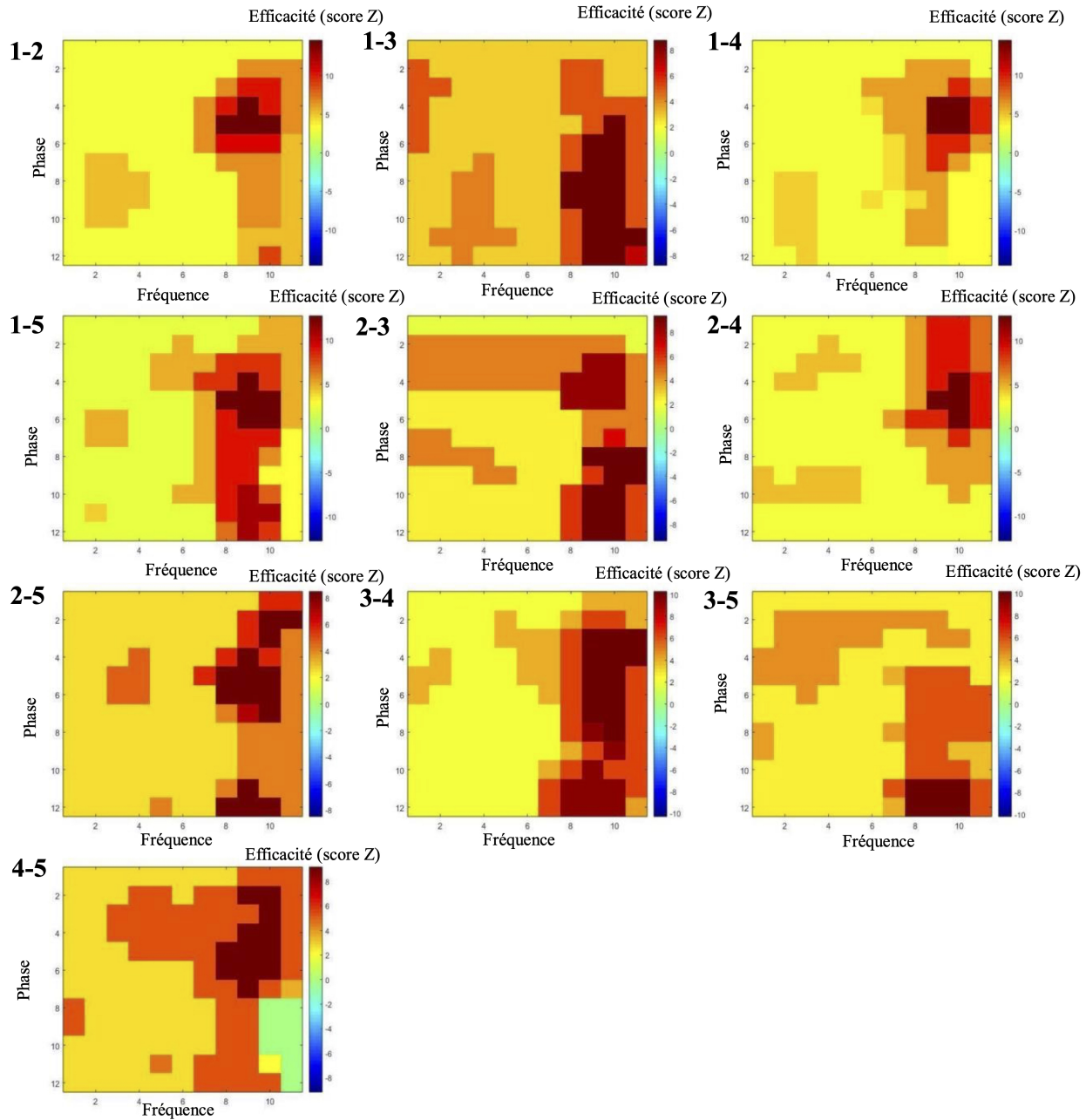
Les analyses de conjonctions ont également été effectuées dans le domaine de la puissance de Fourier (Figure 6). Ici aussi, les courbes ont essentiellement toutes la même forme. Les niveaux d'efficacité les plus bas sont retrouvés aux fréquences les plus basses et augmentent avec la fréquence jusqu'à un plateau qui peut débiter dès 30 Hz et qui se termine au plus tard à 50 Hz. Pour certaines conjonctions, le plateau couvre toute cette étendue. Plus communément, l'étendue retrouvée est entre 35 et 45 hertz inclusivement.

Figure 6 : Images de classification moyennes pour toutes les combinaisons de lettres dans le domaine de la puissance de Fourier



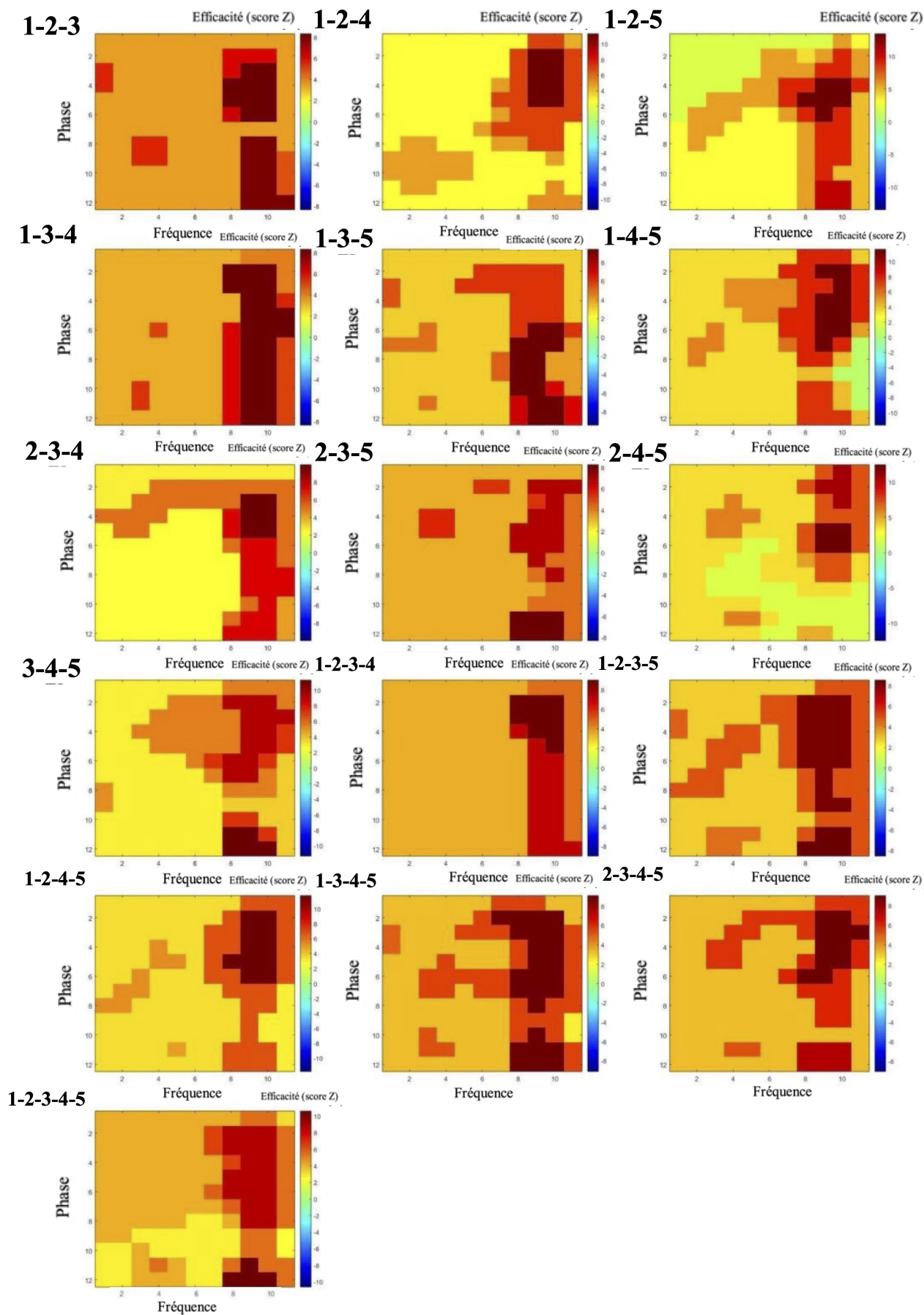
L'axe vertical correspond à l'efficacité d'encodage (en score Z) et l'axe horizontal aux fréquences (en Hz).

Figure 7 : Analyses de conjonctions phase-amplitude moyennes pour toutes les paires de lettres



L'axe vertical correspond à la phase (12 niveaux), l'axe horizontal correspond à la fréquence (11 niveaux) et le code couleur correspond à l'efficacité d'encodage (en score Z). Une valeur de phase de 1 correspond au début d'un cycle et une valeur de 12 correspond à sa fin. À l'intérieur d'un cycle, l'amplitude maximale du signal est atteinte à une valeur de phase de 4 alors que le minimum est atteint à une valeur de phase de 10.

Figure 8 : Analyses de conjonctions phase-amplitude moyennes pour toutes les combinaisons de plus de deux lettres



Il est possible de dégager quatre groupes présentant des patterns d'activité similaires ainsi que différents sous-groupes de ces analyses :

Groupe 1 : Une constante qui est partagée par toutes les images de classification, quelque soit la localisation ou le nombre de lettres concernées, est un niveau d'efficacité très élevée (en général le pic le plus élevé sur l'image de classification) aux fréquences de 45-50 Hz et aux phases 4 et 5. Parfois, ce sommet déborde un peu vers des fréquences légèrement inférieures ou supérieures. L'étalement de ce sommet à travers les phrases est généralement très étendu.

Pour plusieurs de ces images de classification (conjonctions de : 1-3, 1-5, 2-4, 2-5, 1-2-3, 1-3-4, 2-4-5) on retrouve également deux pics qui se situent dans les basses fréquences (5-25 Hz) et qui sont généralement décalés les uns par rapport aux autres en termes de fréquences et présentent un décalage plus important sur le plan de la phase. En général, le pic présentant la phase la plus basse se situe autour de 3-4 mais parfois peut aller aussi haut que 6. Le pic présentant la phase la plus élevée se retrouve habituellement autour des phases 8-10.

Pour d'autres images de classification (conjonctions de : 1-2, 1-4, 3-4, 4-5, 1-2-4, 2-3-5, 3-4-5, 2-3-4-5), on ne retrouve qu'un seul de ces deux pics de basse fréquence.

Groupe 2 : ce qui distingue ces images de classification de celles du Groupe 1 est l'extension du pic 45-50Hz, phases 4-5, en direction des fréquences les plus basses (jusqu'à 5-10 Hz) tout en maintenant une valeur à peu près constante pour la phase (conjonctions de : 2-3, 3-5) ou sinon qui a tendance à descendre en phase à mesure qu'on descend en fréquence (conjonctions de 1-2-5, 1-3-4, 1-2-3-5, 1-2-4-5, 2-3-4-5).

Groupe 3 : Correspond à peu près au groupe 1 sauf qu'on identifie 3 pics dans les régions de basse fréquence (5-25 Hz) ; (conjonctions de : 1-3-5, 1-3-4-5).

Groupe 4 : Correspond à peu près au groupe 1 sauf que l'image de classification est presque ou

complètement uniforme en dehors du sommet de haute fréquence (45-50Hz).

Figure 9 : Analyses de conjonctions temps-fréquences moyennes pour toutes les paires de lettres

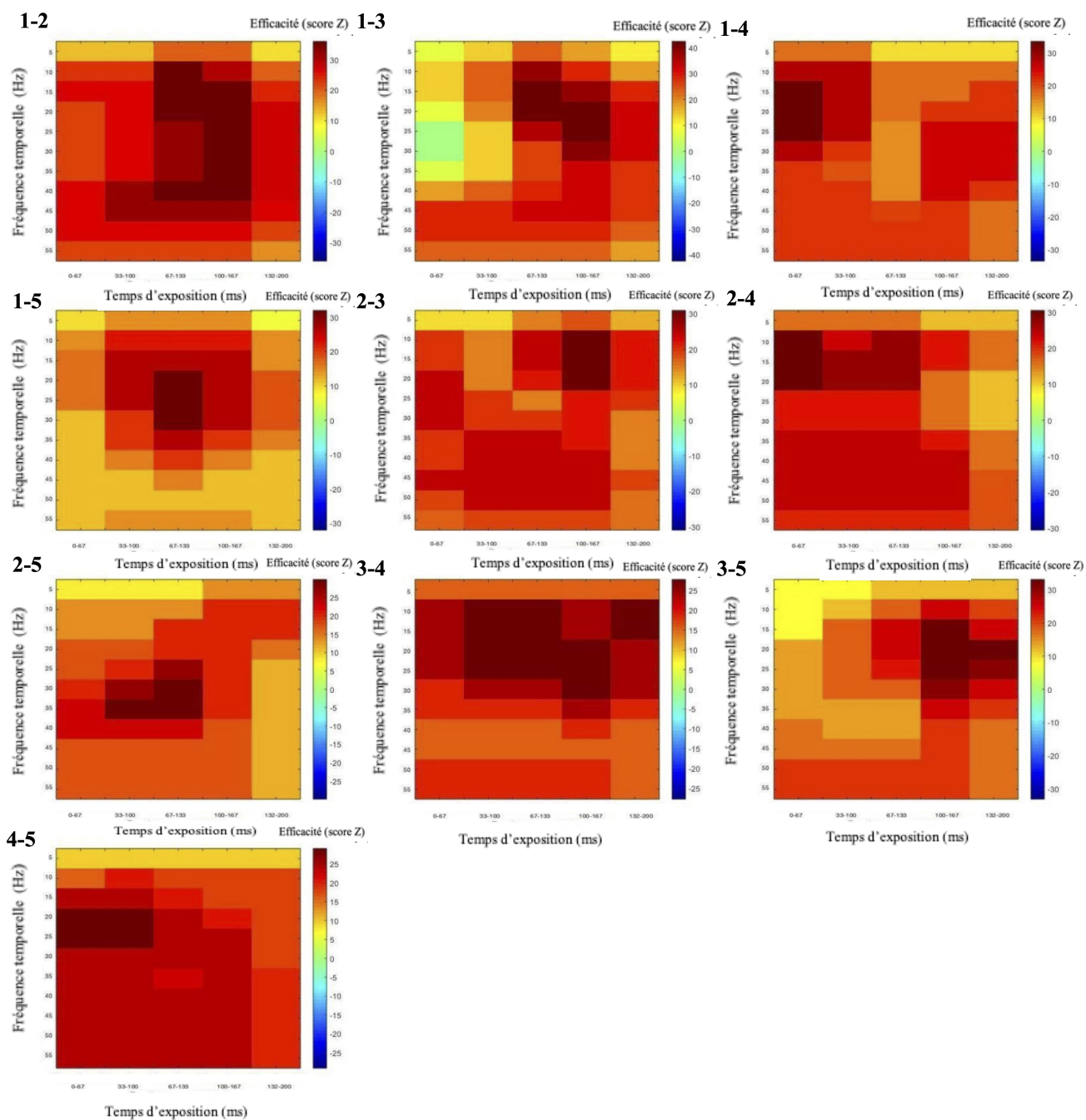
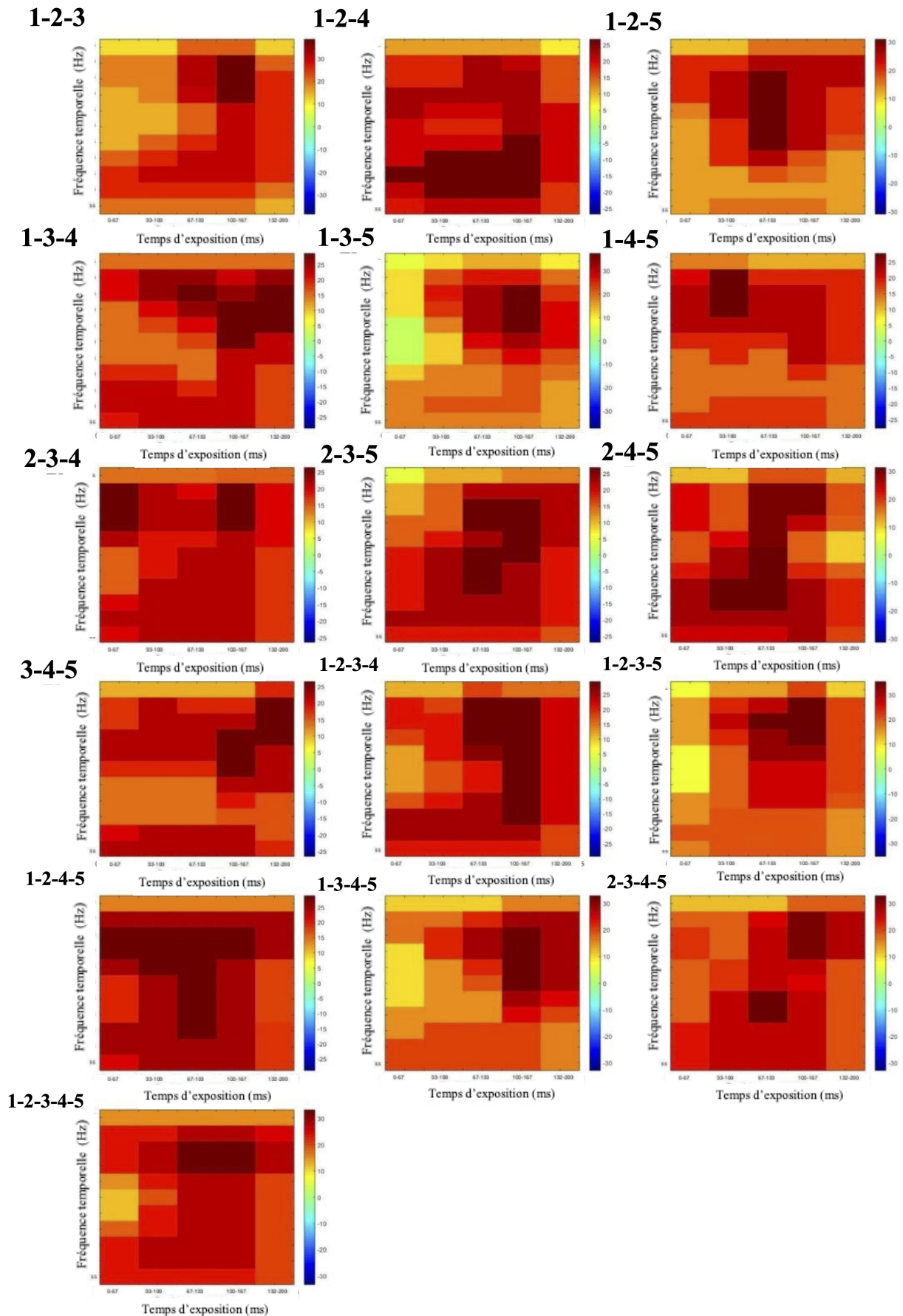


Figure 10 : Analyses de conjonction temps-fréquence moyennes pour toutes les configurations de plus de 2 lettres



Les analyses de conjonction temps-fréquence ont pour objectif de mettre en évidence l'efficacité du traitement conjoint de deux ou plusieurs lettres en fonction des fréquences d'oscillation pour la reconnaissance correcte du mot présenté. Comme dans les analyses temps-fréquence précédentes, l'axe vertical des deux graphiques présentés ci-dessus correspond à la fréquence d'oscillation du stimulus et l'axe horizontal à la période d'exposition (exprimée à travers des fenêtres temporelles, en ms). L'efficacité d'encodage de combinaisons de lettres est illustrée par le code couleur en légende, sur la droite de chaque graphique. Il est à noter que l'étendue des valeurs reflétées par ce code de couleur n'est pas identique pour tous les graphiques. Les données ont été moyennées entre les participants pour chaque combinaison de lettres et lissées en plateaux tel que décrit précédemment.

Les niveaux d'efficacité observés à partir des analyses de conjonction dans le domaine temps-fréquence sont particulièrement élevés tout au long du temps de présentation du stimulus. De plus, la localisation des sommets les plus hauts pour chaque image de classification s'avèrent particulièrement dispersée. Pour ces raisons, nous ne sommes pas parvenus à dégager de tendance systématique de l'ensemble de ces images de classification.

Discussion

Images de classification des profils d'échantillonnage

Les indices de corrélations des profils temporels individuels des participants sont plutôt bas, avec un indice de cohérence inter-sujets de .01 (annexe II). Cette observation suggère que le déroulement de l'encodage visuel à travers le temps reflété par ces images de classification n'est pas très largement partagé à travers les participants.

Les résultats dans le domaine temporel montrent des variations substantielles de l'efficacité d'encodage au cours du temps d'exposition au stimulus. Les lettres 1 et 2 semblent être traitées le plus efficacement au début du processus alors que la lettre 3 serait traitée plus efficacement dans la seconde moitié. Les lettres 4 et 5 montrent deux périodes distinctes d'efficacité maximale. Celles-ci sont situées à des étapes particulièrement précoces et tardives du processus en ce qui concerne la lettre 4.

Ces résultats suggèrent que le traitement réalisé se fait de manière sérielle, sans toutefois se dérouler dans un ordre strict, de gauche à droite. En effet, on observe très nettement que les lettres qui présentent une valeur diagnostique pour l'identification correcte d'un mot (ou présentent des pics dans les scores d'encodage enregistrés) varient à travers le temps. Cette notion reste néanmoins compatible avec l'idée qu'on puisse traiter deux ou plusieurs lettres simultanément, ce que semblent démontrer les analyses de conjonction.

Dans une certaine mesure, on a ici une séquence qui rappelle celle rapportée par Blais et al. et qui est congruente avec la séquence de traitement optimale suggérée par l'observateur idéal. Un autre facteur important qui est en jeu est celui de la dominance hémisphérique gauche pour la lecture (Minio-Paluello et al., 2006). En effet, celui-ci pourrait expliquer la présence de pics précoces sur les positions de lettres 4 et 5, soit dans le champ visuel droit. On observe également une certaine diminution de l'acuité visuelle avec l'excentricité par rapport au point de fixation. Celle-ci pourrait expliquer pourquoi le pic initial est moins fort sur la lettre 5 que sur 4. Cela nous semble également cohérent avec le fait que l'amplitude maximale du pic sur la lettre 1 est moins élevée que sur celui de la lettre 2.

Ces résultats sont incompatibles avec l'hypothèse d'un traitement simultané (i.e. parallèle) des lettres d'une manière continue à travers l'exposition du stimulus étant donné qu'ils démontrent clairement l'importance significative de certaines lettres en dépit d'autres à des périodes spécifique du processus. Autrement dit, certaines lettres présentent un critère diagnostique supérieur à d'autres au

cours du processus de traitement, ce qui vient contredire l'idée d'un mode de traitement purement parallèle. Ainsi, l'absence d'effet de longueur de mot (qui est l'observation essentielle à l'origine et au maintien de l'hypothèse du traitement parallèle), pourrait être expliqué par une identification rapide, experte et très ciblée de certaines positions de lettres à des étapes spécifique du traitement. Cela resterait donc cohérent avec un mode de traitement globalement sériel (à l'intérieur duquel des traitement conjoints de plusieurs lettres restent possibles). Cependant, ces résultats auraient besoins d'être approfondis davantage par une application de ce protocole a des mots de différentes longueurs afin de pouvoir tester cette hypothèse.

Les analyses temps-fréquence indiquent des scores Z plutôt faibles pour les positions de lettres 1 et 3; avec cependant des pics relativement plus élevés entre 67 et 133 ms sur des fréquences concentrées à 35 Hz, 100 à 167 ms entre 40 et 55 Hz pour la lettre 1 ainsi qu'entre 67 et 133 ms sur des fréquences de 50 à 55 Hz pour la lettre 3. La première lettre montre aussi deux creux dans l'efficacité de traitement a des étapes précoces (sur une large bande de fréquence) et tardives (sur de hautes fréquences) du processus. La troisième lettre présente un profil relativement similaire bien que plus atténué. La seconde position de lettre montre un pic constant sur des fréquences entre 15 et 25 Hz ainsi que deux pics ponctuels à de hautes fréquences (45 à 55 Hz) aux alentours du milieu de la période de stimulation. La position 4 présente un profil relativement similaire bien qu'atténué, de même que la lettre 5, dans une mesure encore moindre. Ces observations semblent compatibles avec la notion de traitement sériel tel que discuté plus haut en cela qu'elles tendent à confirmer des fluctuations de l'importance diagnostique des différentes positions de lettres, associées à des bandes de fréquences spécifiques, au cours du temps. On notera aussi une très haute cohérence inter-sujets dans le domaine temps-fréquence, avec un indice de .84 (Annexe II), ce qui semble confirmer que les patterns d'activité dégagés par ces résultats seraient représentatifs de la population des normolecteurs.

Les images de classification phase x amplitude se sont avérées parfaitement uniformes (voir Annexe III). Cela suggère qu'elles ne parviennent pas à révéler d'indice temporel impliqué dans le processus visuel de la tâche de lecture de mot. De plus, ces observations tendent à confirmer que les variables étudiées dans le domaine temporel et temps-fréquence s'avèrent pertinentes pour caractériser les positions traitées par le sujet afin de parvenir à une identification correcte du mot.

Images de classification des conjonctions de lettres

Les analyses de conjonctions montrent des fluctuations significatives de l'efficacité d'encodage à travers la durée d'exposition du stimulus et ce pour toutes les combinaisons de lettres (de 2,3,4 et 5 lettres simultanés). D'une manière assez générale, on peut dire que ces fluctuations semblent atteindre leur maximum vers le milieu de la présentation et présenter une augmentation rapide de l'efficacité d'encodage au début ainsi qu'une diminution rapide à la fin. De plus, des patterns d'activité se dégagent des analyses de conjonction dans les domaines temporel, phase/amplitude et de la puissance de Fourier (ce dernier s'avérant très clair et pertinent pour indiquer un lien entre les oscillations gamma et l'intégration perceptive). Cependant, il est difficile de dégager des patterns à partir des analyses de conjonction dans le domaine temps-fréquence car les activations sont particulièrement fortes tout au long de la présentation.

D'une manière générale, on observe que les résultats sont particulièrement stables et ce, quelque soit la conjonction considérée. On constate également une forte concentration de l'efficacité du traitement des conjonctions avec des oscillations du stimulus dans l'étendue de fréquence autour de 35-45 Hz. Cette dernière observation est congruente avec la notion de l'importance des oscillations neuronales dans la bande de fréquences gamma pour l'intégration perceptive.

Conclusions

Les profils qui se dégagent de ces analyses indiquent d'importantes fluctuations de l'efficacité d'encodage des différentes positions de lettres au cours du temps. De plus, le traitement simultané de deux ou plusieurs lettres semble s'avérer pertinent pour l'identification correcte d'un mot isolé de cinq lettres. Les patterns qui émergent de ces analyses sont particulièrement stables (notamment dans le domaine temps-fréquence), ce qui tend à confirmer qu'il s'agirait bien de processus de traitement propre à la lecture normale dite experte. En effet, il semblerait que les résultats obtenus mettent en évidence des patrons de répartition de l'attention spatiale au cours du temps caractéristiques de la lecture de mot (avec des similarités entre tous les lecteurs experts). Il serait cependant nécessaire d'étayer davantage ces hypothèses en vérifiant la réplicabilité ainsi que la robustesse de ces résultats (en testant ce protocole sur des mots de différentes longueurs par exemple).

Ainsi, ces résultats vont dans le sens d'étapes séquentielles de traitement à l'intérieur desquelles un traitement parallèle de deux ou plusieurs lettres semble pouvoir être réalisé. Des informations contenues dans plusieurs lettres peuvent donc être traitées simultanément afin de renforcer l'acuité des lecteurs normaux. Ces résultats contrastent donc avec un mode de traitement parallèle « pur », généralement admis pour caractériser la lecture experte dite normale. Il semblerait en effet qu'un traitement sériel (dans un ordre optimisé pour extraire l'information, non linéaire de gauche à droite) soit effectué avec un nombre de fixations attentionnelles constant.

Références

- Arguin, M. (2018). The temporal profile of visual encoding. *Journal of Vision*, 18, 327.
doi:10.1167/18.10.327
- Arguin, M., & Bub, D. (2005). Parallel processing blocked by letter similarity in letter by letter dyslexia: A replication. *Cognitive Neuropsychology*, 22(5), 589-602.
- Arguin, M., Fiset, S., & Bub, D. (2002). Sequential and parallel letter processing in letter-by-letter dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 19(6), 535-555.
- Barrouillet, P., Billard, C., De Agostini, M., Démonet, J. F., Fayol, M., Gombert, J. E., ... & Valdois, S. (2007). Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie: bilan des données scientifiques (Doctoral dissertation, Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM)).
- Barton, J. J., Hanif, H. M., Eklinder Björnström, L., & Hills, C. (2014). The word-length effect in reading: A review. *Cognitive neuropsychology*, 31(5-6), 378-412.
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological studies of face perception in humans. *Journal of cognitive neuroscience*, 8(6), 551-565.
- Bijeljac-Babic, R., Millogo, V., Farioli, F., & Grainger, J. (2004). A developmental investigation of word length effects in reading using a new on-line word identification

program. *Reading and Writing*, 17, 411–431.

Binder, J. R., & Mohr, J. P. (1992). The topography of callosal reading pathways: A case–control analysis. *Brain*, 115, 1807–1826.

Biotti, D., Pisella, L., & Vighetto, A. (2012). Syndrome de Balint et fonctions spatiales du lobe pariétal. *Revue Neurologique*, 168(10), 741-753.

Bishop, D. V. (2015). The interface between genetics and psychology: lessons from developmental dyslexia. *Proc. R. Soc. B*, 282(1806), 20143139.

Blais, C., Fiset, D., Arguin, M., Jolicoeur, P., Bub, D., & Gosselin, F. (2009). Reading between eye saccades. *PLoS One*, 4(7), e6448

Blythe, H. I., Liversedge, S. P., Joseph, H. S., White, S. J., & Rayner, K. (2009). Visual information capture during fixations in reading for children and adults. *Vision research*, 49(12), 1583-1591.

Bracewell, R. N. (1986). *The Fourier transform and its applications* (Vol. 31999). New York: McGraw-Hill.

Bridgeman, B., Hendry, D., & Stark, L. (1975). Failure to detect displacement of the visual world during saccadic eye movements. *Vision research*, 15(6), 719-722.

Buringh, E., & Van Zanden, J. L. (2009). Charting the “Rise of the West”: Manuscripts and Printed

Books in Europe, a long-term Perspective from the Sixth through Eighteenth Centuries. *The Journal of Economic History*, 69(2), 409-445.

Buswell, G. T. (1922). *Fundamental reading habits: A study of their development*.

Callens, M., Whitney, C., Tops, W., & Brysbaert, M. (2013). No deficiency in left-to-right processing of words in dyslexia but evidence for enhanced visual crowding. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 66(9), 1803-1817.

Castles, A., & Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition*, 91(1), 77-111.

Chauvin, A., Worsley, K. J., Schyns, P. G., Arguin, M., & Gosselin, F. (2005). Accurate statistical tests for smooth classification images. *Journal of vision*, 5(9), 1-1.

Chekaluk, E., & Llewellyn, K. R. (1990). Visual stimulus input, saccadic suppression, and detection of information from the postsaccade scene. *Perception & Psychophysics*, 48(2)135-142.

Chetail, F. (2014). Effect of number of syllables in visual word recognition: New insights from the lexical decision task. *Language, Cognition and Neuroscience*. Advance online publication.

Cohen, M. X. (2014). *Analyzing neural time series data: theory and practice*. MIT press.

Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehéicy, S., Dehaene-Lambertz, G., Hénaff, M. A., & Michel, F. (2000). The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain*, 123(2), 291-307.

Cohen, L., Dehaene, S., Vinckier, F., Jobert, A., & Montavont, A. (2008). Reading normal and degraded words: contribution of the dorsal and ventral visual pathways. *Neuroimage*, 40(1), 353-366.

Cohen, L., Henry, C., Dehaene, S., Martinaud, O., Lehericy, S., Lemer, C., & Ferrieux, S. (2004). The pathophysiology of letter-by-letter reading. *Neuropsychologia*, 42(13), 1768-1780.

Cohen, L., Lehericy, S., Chochon, F., Lemer, C., Rivaud, S., & Dehaene, S. (2002). Language-specific tuning of visual cortex? Functional properties of the Visual Word Form Area. *Brain*, 125(5), 1054-1069.

Cohen, L., Martinaud, O., Lemer, C., Lehericy, S., Samson, Y., Obadia, M., Slachevsky, A., & Dehaene, S. (2003). Visual word recognition in the left and right hemispheres: Anatomical and functional correlates of peripheral alexia. *Cerebral Cortex*, 13, 1313– 1333.

Cohen, M. X. (2015). *Cycles in mind: How brain rhythms control perception and action*. Sinc(x) Press.

- Cohen, M. X., & Van Gaal, S. (2012). Dynamic interactions between large-scale brain networks predict behavioral adaptation after perceptual errors. *Cerebral Cortex*, 23(5), 1061-1072.
- Content, A., Mousty, P. et Radeau, M. BRULEX: Une base de données lexicales informatisée pour le français écrit et parlé. *L'Année Psychologique*, 1990, 90, 551-566.
- Damasio, A. R., & Damasio, H. (1983). The anatomic basis of pure alexia. *Neurology*, 33, 1573–1583.
- Dehaene, S. (2007). Les neurones de la lecture. Paris, France : Odile Jacob.
- Dehaene, S., Cohen, L., Sigman, M., & Vinckier, F. (2005). The neural code for written words: a proposal. *Trends in cognitive sciences*, 9(7), 335-341.
- Dehaene, S., Naccache, L., Cohen, L., Le Bihan, D., Mangin, J. F., Poline, J. B., & Rivière, D. (2001). Cerebral mechanisms of word masking and unconscious repetition priming. *Nature neuroscience*, 4(7), 752.
- Dehaene, S., Le Clec'H, G., Poline, J. B., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2002). The visual word form area: a prelexical representation of visual words in the fusiform gyrus. *Neuroreport*, 13(3), 321-325.

- Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L. W., Ventura, P., Nunes Filho, G., Jobert, A., ... & Cohen, L. (2010). How learning to read changes the cortical networks for vision and language. *Science*, 330(6009), 1359-1364.
- Dhond, R. P., Buckner, R. L., Dale, A. M., Marinkovic, K., & Halgren, E. (2001). Spatiotemporal maps of brain activity underlying word generation and their modification during repetition priming. *Journal of Neuroscience*, 21(10), 3564-3571.
- Donnat, O. (2009). Les pratiques culturelles des Français à l'ère numérique: Éléments de synthèse 1997-2008. *Culture études*, 5, (5), 1-12.
- Eisenstein, E. L. (1980). The printing press as an agent of change (Vol. 1). Cambridge University Press
- Falk, D. (2010). In Search of Time: The History. *Physics, and Philosophy of Time*, St. Martin's Griffin, London, UK.
- Ferrand, L., & New, B. (2003). Syllabic length effects in visual word recognition and naming. *Acta Psychologica*, 113(2), 167-183.
- Fiset, D., Arguin, M., & McCabe, E. (2006). The breakdown of parallel letter processing in letter-by-letter dyslexia. *Cognitive neuropsychology*, 23(2), 240-260.

Fiset, D., Blais, C., Arguin, M., Tadros, K., Ethier-Majcher, C., Bub, D., & Gosselin, F.

(2009). The spatio-temporal dynamics of visual letter recognition. *Cognitive Neuropsychology*, 26(1), 23-35.

Fiset, D., Gosselin, F., Blais, C., & Arguin, M. (2006). Inducing letter-by-letter dyslexia in normal readers. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(9), 1466-1476.

Fisher, S. E., & DeFries, J. C. (2002). Developmental dyslexia: genetic dissection of a complex cognitive trait. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(10), 767.

Fouesnant, B., & Jeunemaître, A. (2012). Le neuromarketing, entre science et business. In *Annales des Mines-Gérer et comprendre* (No. 4, pp. 54-63). ESKA.

Gallay, A. (2008) Laboratoire d'archéologie préhistorique et anthropologie. Université de Genève. RTS découverte.

Geisler, W., & Murray, R. (2003). Cognitive neuroscience: Practice doesn't make perfect. *Nature*, 423(6941), 696-697.

Goswami, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in cognitive sciences*, 15(1), 3-10.

- Goulandris, N. K., & Snowling, M. (1991). Visual memory deficits: A plausible cause of developmental dyslexia? Evidence from a single case study. *Cognitive Neuropsychology*, 8(2), 127-154.
- Hari R, Renvall H. Impaired processing of rapid stimulus sequences in dyslexia. *Trends Cognitive Sciences* 2001; 5: 525-32.
- Hasson, U., Levy, I., Behrmann, M., Hendler, T., & Malach, R. (2002). Eccentricity bias as an organizing principle for human high-order object areas. *Neuron*, 34(3), 479-490.
- Hasson, U., Harel, M., Levy, I., & Malach, R. (2003). Large-scale mirror-symmetry organization of human occipito-temporal object areas. *Neuron*, 37(6), 1027-1041.
- Hutcheon, B., & Yarom, Y. (2000). Resonance, oscillation and the intrinsic frequency preferences of neurons. *Trends in neurosciences*, 23(5), 216-222.
- Ishai, A., Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (2000). Distributed neural systems for the generation of visual images. *Neuron*, 28(3), 979-990.
- Jacobs, A.M., Lévy-Schoen, A. (1987). Le contrôle des mouvements des yeux dans la lecture : questions actuelles. In: *L'année psychologique*. vol. 87, n°1. pp. 55-72
- Jacobson, J. Z., & Dodwell, P. C. (1979). Saccadic eye movements during reading. *Brain and Language*, 8(3), 303-314.

- Joseph, H.S., Liversedge S.P., Blythe H.I., White S.J., Rayner K. (2009) Word length and landing position effects during reading in children and adults *Vision Res*; 49 : 2078-2086
- Juphard, A., Carbonnel, S., Ans, B., & Valdois, S. (2006). Length effect in naming and lexical decision: the multitrace memory model's account. *Current psychology letters*. Behaviour, brain & cognition, (19, Vol. 2, 2006).
- Leigh, R. J., & Zee, D. S. (2015). The neurology of eye movements. Oxford University Press, USA.
- Lobier, M., & Valdois, S. (2009). Developmental dyslexia and intervention methods: assessment criteria. *Revue de neuropsychologie*, 1(2), 102-109.
- Marendaz, C., Valdois, S., & Walch, J. P. (1996). Dyslexie développementale et attention visuo-spatiale. *L'année psychologique*, 96(2), 193-224.
- Mathewson, K. E., Lleras, A., Beck, D. M., Fabiani, M., Ro, T., & Gratton, G. (2011). Pulsed out of awareness: EEG alpha oscillations represent a pulsed-inhibition of ongoing cortical processing. *Frontiers in psychology*, 2, 99.
- McConkie, G.W., Kerr, P.W., Reddix, M.D, Zola, D. Eye-movement control during reading:
1. The location of initial eye fixations on words. *Vision Research*, 28 (10) (1988), pp. 1107-1118

- McConkie, G.W., Kerr, P.W., Reddix, M.D, Zola, D., Jacobs, A. M. Eye movement control during reading: II. Frequency of refixating a word. *Perception & Psychophysics*, 46 (3) (1989), pp. 245-253
- McConkie, G.W, Rayner, K. (1976). Asymmetry of the perceptual span in reading. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 8 (1976), pp. 365-368
- McConkie, G.W., Zola, D, Grimes, J., Kerr, P. W., Bryant, N. R., Wolff, P. M. (1991). Children's eye movements during reading. J.F. Stein (Ed.), *Vision and visual dyslexia*, CRC Press, Boston (1991), pp. 251-262
- Mehaffey, W. H., Ellis, L. D., Krahe, R., Dunn, R. J., & Chacron, M. J. (2008). Ionic and neuromodulatory regulation of burst discharge controls frequency tuning. *Journal of Physiology-Paris*, 102(4-6), 195-208
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2008). Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia*, 46(3), 774-785.
- Minio-Paluello, I., Avenanti, A., & Aglioti, S. M. (2006). Left hemisphere dominance in reading the sensory qualities of others' pain ?. *Social Neuroscience*, 1(3-4), 320-333.
- Molko, N., Cohen, L., Mangin, J. F., Chochon, F., Lehéricy, S., Bihan, D. L., & Dehaene, S. (2002). Visualizing the neural bases of a disconnection syndrome with diffusion tensor imaging. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(4), 629-636.

Nazir, T. A., Jacobs, A. M., & O'Regan, J. K. (1998). Letter legibility and visual word recognition. *Memory & Cognition*, 26(4), 810-821.

New, B. (2006). Reexamining the word length effect in visual word recognition: New evidence from the English Lexicon Project. *Psychonomic bulletin & review*, 13(1), 45-52.

O'Brien, B. A., Mansfield, J. S., & Legge, G. E. (2005). The effect of print size on reading speed in dyslexia. *Journal of Research in Reading*, 28(3), 332-349.

O'Regan K., Lévy-Schoen Ariane. Les mouvements des yeux au cours de la lecture. In: L'année psychologique. 1978 vol. 78, n°2. pp. 459-491.

Pöppel, E., & Logothetis, N. (1986). Neuronal oscillations in the human brain. *Naturwissenschaften*, 73(5), 267-268.

Quercia, P. (2010). Mouvements oculaires et lecture: une revue bibliographique. *Journal français d'ophtalmologie*, 33(6), 416-423.

Ramus, F., & Ahissar, M. (2012). Developmental dyslexia: The difficulties of interpreting poor performance, and the importance of normal performance. *Cognitive neuropsychology*, 29(1-2), 104-122.

- Rayner, K. (1978). Eye movements in reading and information processing. *Psychological bulletin*, 85(3), 618.
- Rayner, K. (1985). The Role of Eye Movements in Learning to Read and Reading Disability. *Remedial and Special Education*, 6(6), 53–60.
- Rayner, K. (1998) Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychol Bull* 124: 372–422.
- Sereno SC, Rayner K (2000) The when and where of reading in the brain. *Brain Cognition* 42: 78–81.8.
- Sereno SC, Rayner K, Posner MI (1998) Establishing a time-line of word recognition: evidence from eye-movements and event-related potentials.
- Serniclaes W, Sprenger-Charolles L, Carré R, et al. Perceptual discrimination of speech sounds in developmental dyslexia. *J Speech Lang Hear Res* 2001; 44: 384-99
- Spaak, E., de Lange, F. P., & Jensen, O. (2014). Local entrainment of alpha oscillations by visual stimuli causes cyclic modulation of perception. *Journal of Neuroscience*, 34(10), 3536-3544.

- Spragins, A. B., Lefton, L. A., & Fisher, D. F. (1976). Eye movements while reading and searching spatially transformed text: A developmental examination. *Memory & Cognition*, 4(1), 36-42.
- Sprenger-Charolles, L., Colé, P., Lacert, P., & Serniclaes, W. (2000). On subtypes of developmental dyslexia: evidence from processing time and accuracy scores. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 54(2), 87.
- Silberberg, N. E., & Silberberg, M. C. (1967). Hyperlexia: Specific word recognition skills in young children. *Exceptional Children*, 34, 41–42.
- Tallal P. Improving language and literacy is a matter of time. *Nat Rev Neurosci* 2004 ; 5 : 721-8.
- Vinckier, F., Dehaene, S., Jobert, A., Dubus, J. P., Sigman, M., & Cohen, L. (2007). Hierarchical coding of letter strings in the ventral stream: dissecting the inner organization of the visual word-form system. *Neuron*, 55(1), 143-156.
- Vinckier, F., Naccache, L., Papeix, C., Forget, J., Hahn-Barma, V., Dehaene, S., & Cohen, L. (2006). “What” and “where” in word reading: ventral coding of written words revealed by parietal atrophy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(12), 1998-2012.

Viviane, A., Maniaczyk, J., Schaer, R., Les origines de l'écriture (2012). Le Pommier, p. 207. I S B N 9782746506374

Wandell, B. A., Rauschecker, A. M., & Yeatman, J. D. (2012). Learning to see words. *Annual review of psychology*, 63, 31-53.

Watier, L., Dellatolas, G., & Chevrie-Muller, C. (2006). Difficultés de langage et de comportement à 3 ans et demi et retard en lecture au cours élémentaire: Language and behavioral difficulties at age 3 and half and reading delay in grade 2. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 54(4), 327-339.

Whitney, C. (2008). Supporting the serial in the SERIOL model. *Language and Cognitive Processes*, 23(6), 824-865.

Wolfe, J. M. (1998). What can 1 million trials tell us about visual search? *Psychological Science*, 9(1), 33-39.

Yap, M. J., & Balota, D. A. (2009). Visual word recognition of multisyllabic words. *Journal of Memory and Language*, 60, 502–529.

Zorman, M., Lequette, C., & Pouget, G. (2004). Dyslexies: intérêt d'un dépistage et d'une prise en charge précoce à l'école. *Évaluation du BSEDS 5-6. Développement cognitif et troubles des apprentissages*, 245-270.

Annexes

I) Liste des mots utilisés dans l'expérience

graph	frfrm	LogFrfrm	frlex	cfrl ex	nph ons	nsyl l	pug rap h	pup hon	nbho m	nbho mg	nbhom p	nvois ort
'abois'	370	2.568202	370	256	4	2	5	5	0	0	0	0
'abord'	42105	4.624334	-2	-2	4	2	6	5	1	1	2	0
'achat'	1148	3.059942	1148	306	3	2	5	4	0	0	0	0
'acide'	969	2.986324	-2	-2	4	2	5	5	1	1	1	2
'acier'	1731	3.238297	1731	323	4	2	4	5	0	0	0	1
'actif'	4841	3.684935	-2	-2	5	2	5	5	1	1	1	0
'adieu'	5671	3.75366	-2	-2	4	2	4	5	1	1	1	0
'agent'	4335	3.636989	4335	363	3	2	5	4	0	0	0	0
'agile'	782	2.893207	782	289	4	2	6	5	0	0	0	1
'aider'	10401	4.017075	10401	401	3	2	5	4	0	0	0	4
'aigle'	1135	3.054996	1135	305	4	2	5	4	0	0	0	3
'aigre'	1114	3.046885	-2	-2	4	2	6	5	1	1	1	3
'aimer'	76646	4.884489	76646	488	3	2	4	4	0	0	0	5
'ainsi'	81721	4.912334	81721	491	3	2	4	4	0	0	0	0
'album'	740	2.869232	740	286	5	2	6	4	0	0	0	0
'algue'	463	2.665581	463	266	4	2	4	4	0	0	0	0
'alibi'	582	2.764923	582	276	5	3	4	4	0	0	0	0
'aller'	216341	5.335139	-2	-2	3	2	6	4	1	1	2	0
'alors'	94148	4.973811	94148	497	4	2	4	4	0	0	0	1
'alpin'	268	2.428135	268	242	4	2	6	4	0	0	0	0
'amant'	6045	3.781396	6045	378	3	2	6	4	0	0	0	3
'ambre'	310	2.491362	310	249	4	2	5	4	0	0	0	4
'amont'	344	2.536558	344	253	3	2	5	4	0	0	0	1
'amour'	54285	4.73468	54285	473	4	2	6	5	0	0	0	0
'ample'	1208	3.082067	1208	308	4	2	6	5	0	0	0	0
'ancree'	612	2.786751	612	278	4	2	6	4	0	0	1	3
'angle'	3679	3.56573	3679	356	4	2	5	4	0	0	0	3
'antan'	221	2.344392	221	234	3	2	5	4	0	0	0	0
'antre'	280	2.447158	280	244	4	2	4	5	0	0	1	4
'appel'	9406	3.973405	9406	397	4	2	6	4	0	0	0	0
'appui'	4088	3.611511	4088	361	4	2	6	5	0	0	0	0
'arabe'	2765	3.441695	-2	-2	4	2	6	5	1	1	1	1
'arbre'	20625	4.314394	20625	431	5	2	5	5	0	0	0	1
'arche'	833	2.920645	833	292	4	2	6	5	0	0	0	1
'argot'	306	2.485721	306	248	4	2	6	4	0	0	0	2
'aride'	838	2.923244	838	292	4	2	5	5	0	0	0	3

'armer'	1012	3.005181	1012	300	4	2	5	4	0	0	3	1
'asile'	1608	3.206286	1608	320	4	2	4	4	0	0	0	1
'assez'	55497	4.74427	55497	474	3	2	5	4	0	0	0	0
'assis'	14239	4.153479	14239	415	3	2	6	4	0	0	0	0
'astre'	2424	3.384533	2424	338	5	2	6	5	0	0	0	2
'atome'	1654	3.218536	1654	321	4	2	5	3	0	0	0	2
'atout'	408	2.61066	408	261	3	2	5	4	0	0	0	1
'aucun'	29065	4.46337	-2	-2	3	2	6	3	1	1	1	0
'aussi'	143953	5.158221	-2	-2	3	2	6	4	1	1	1	0
'autel'	2220	3.346353	2220	334	4	2	5	3	0	0	0	0
'autre'	248359	5.39508	-2	-2	4	2	6	5	1	1	1	3
'avant'	58297	4.765646	-2	-2	3	2	6	4	3	3	3	2
'avare'	1744	3.241546	-2	-2	4	2	5	5	1	1	1	0
'avide'	1850	3.267172	1850	326	4	2	6	5	0	0	0	2
'avion'	4981	3.697317	4981	369	4	2	4	4	0	0	0	0
'avoir'	174687 9	6.242263	-2	-2	5	2	5	5	1	1	1	0
'avril'	5747	3.759441	5747	375	5	2	3	3	0	0	0	0
'ayant'	20463	4.310969	20463	431	3	2	6	4	0	0	0	2
'azote'	161	2.206826	161	220	4	2	5	5	0	0	0	1
'bagne'	484	2.684845	484	268	3	1	5	4	0	0	0	3
'bague'	1178	3.071145	1178	307	3	1	6	4	0	0	0	5
'bahut'	272	2.434569	272	243	3	2	4	3	0	0	0	0
'balai'	723	2.859138	723	285	4	2	6	5	0	0	1	0
'balle'	3799	3.579669	3799	357	3	1	6	4	0	0	3	8
'banal'	3020	3.480007	3020	348	5	2	6	6	0	0	1	2
'bande'	4194	3.622628	4194	362	3	1	6	4	0	0	0	4
'barbe'	4203	3.623559	4203	362	5	2	6	6	0	0	0	5
'barbu'	595	2.774517	-2	-2	5	2	6	5	1	1	3	1
'baron'	4437	3.647089	4437	364	4	2	6	4	0	0	0	1
'barre'	2225	3.34733	2225	334	3	1	6	4	0	0	1	6
'basse'	9091	3.958612	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	7
'baume'	314	2.49693	314	249	3	1	4	3	0	0	0	3
'baver'	336	2.526339	336	252	4	2	5	4	0	0	0	6
'bazar'	676	2.829947	676	283	5	2	6	6	0	0	0	0
'beige'	306	2.485721	306	248	3	1	5	3	0	0	0	3
'belge'	2897	3.461948	-2	-2	5	2	4	4	1	1	1	3
'berge'	884	2.946452	884	294	5	2	6	6	0	0	0	6
'biais'	1331	3.124178	1331	312	3	1	6	4	0	0	0	1
'bible'	1735	3.239299	1735	323	5	2	5	5	0	0	0	2
'biche'	506	2.704151	506	270	3	1	6	4	0	0	0	8
'bidon'	527	2.721811	-2	-2	4	2	6	5	1	1	1	2
'bijou'	1671	3.222976	1671	322	4	2	6	5	0	0	0	0
'bilan'	502	2.700704	502	270	4	2	5	4	0	0	0	1
'bille'	710	2.851258	710	285	3	1	6	4	0	0	0	7

'blanc'	16745	4.223885	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	1
'blond'	2003	3.301681	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	0
'bocal'	306	2.485721	306	248	5	2	5	5	0	0	0	3
'boeuf'	2650	3.423246	-2	-2	3	1	6	3	1	1	1	0
'boire'	12269	4.088809	-2	-2	4	1	4	4	1	1	1	5
'bombe'	2565	3.409087	2565	340	3	1	6	4	0	0	0	3
'bonne'	34970	4.543696	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	8
'borne'	1888	3.276002	1888	327	5	2	6	5	0	0	0	5
'bosse'	595	2.774517	595	277	3	1	6	4	0	0	0	7
'bossu'	1089	3.037028	-2	-2	4	2	6	4	1	1	3	2
'botte'	2139	3.330211	2139	333	3	1	6	4	0	0	0	9
'bouge'	446	2.649335	446	265	3	1	6	4	0	0	0	5
'boule'	2654	3.423901	2654	342	3	1	6	4	0	0	0	10
'bourg'	1850	3.267172	1850	326	3	1	6	4	0	0	1	0
'boyau'	582	2.764923	582	276	5	2	5	4	0	0	0	2
'brave'	3952	3.596817	-2	-2	4	1	6	5	1	1	1	3
'bravo'	842	2.925312	-2	-2	5	2	6	5	1	1	1	1
'bribe'	416	2.619093	416	262	4	1	4	4	0	0	0	2
'bride'	901	2.954725	901	295	4	1	6	5	0	0	0	4
'brise'	1459	3.164055	1459	316	4	1	6	5	0	0	0	7
'bruit'	22662	4.355298	22662	435	4	1	6	5	0	0	0	1
'brume'	3990	3.600973	3990	360	4	1	6	5	0	0	0	5
'brune'	2216	3.34557	-2	-2	4	1	6	5	1	1	1	3
'brute'	1888	3.276002	1888	327	4	1	5	5	1	1	2	2
'bulle'	740	2.869232	740	286	3	1	6	4	0	0	0	7
'buste'	2033	3.308137	2033	330	5	2	5	5	0	0	0	3
'buter'	1212	3.083503	1212	308	4	2	5	4	0	0	4	3
'butin'	429	2.632457	429	263	4	2	6	4	0	0	0	3
'butte'	693	2.840733	693	284	3	1	6	4	0	0	0	7
'cadet'	1046	3.019532	-2	-2	4	2	6	5	1	1	1	1
'cadre'	4458	3.64914	4458	364	5	2	6	5	0	0	0	4
'caduc'	293	2.466868	293	246	5	2	6	5	0	0	1	0
'cahot'	276	2.440909	276	244	3	2	6	3	0	0	1	5
'caler'	199	2.298853	199	230	4	2	5	5	0	0	2	5
'calme'	11797	4.071772	-2	-2	5	2	6	6	1	1	1	3
'canal'	2488	3.39585	2488	339	5	2	6	6	0	0	0	2
'canif'	229	2.359835	229	236	5	2	5	5	0	0	0	1
'canne'	1667	3.221936	1667	322	3	1	6	4	0	0	2	6
'canon'	4513	3.654465	-2	-2	4	2	6	4	1	1	1	5
'canot'	684	2.835056	684	283	4	2	6	4	0	0	1	7
'cargo'	331	2.519828	331	252	5	2	5	5	0	0	0	1
'carpe'	268	2.428135	268	242	5	2	6	5	0	0	0	7
'carte'	7504	3.875293	7504	387	5	2	6	6	0	0	1	9
'caser'	408	2.61066	408	261	4	2	6	5	0	0	0	6
'casse'	361	2.557507	361	255	3	1	6	4	0	0	0	10

'caste'	595	2.774517	595	277	5	2	6	5	0	0	0	4
'cause'	29405	4.468421	29405	446	3	1	6	4	0	0	0	2
'celte'	238	2.376577	-2	-2	5	2	5	5	1	1	1	3
'celui'	69639	4.842853	69639	484	5	2	6	6	0	0	0	0
'cerne'	293	2.466868	293	246	5	2	6	5	0	0	0	5
'cesse'	10559	4.023623	10559	402	3	1	6	4	0	0	0	5
'chair'	10886	4.036868	10886	403	3	1	6	4	0	0	5	2
'champ'	14468	4.160409	14468	416	2	1	6	3	0	0	2	0
'chant'	6785	3.83155	-2	-2	2	1	6	3	1	1	2	1
'chaos'	1527	3.183839	1527	318	3	2	5	3	0	0	1	0
'chaud'	6628	3.821382	-2	-2	2	1	6	3	2	2	5	2
'chaux'	859	2.933993	859	293	2	1	5	3	0	0	5	2
'chien'	12112	4.083216	12112	408	3	1	6	4	0	0	0	1
'choir'	740	2.869232	740	286	4	1	5	4	0	0	0	2
'choix'	7551	3.878004	7551	387	3	1	5	4	0	0	0	2
'chose'	138950	5.142859	-2	-2	3	1	4	3	1	1	1	2
'chute'	4028	3.605089	4028	360	3	1	6	4	0	0	1	0
'cible'	297	2.472756	297	247	5	2	4	4	0	0	0	2
'cidre'	285	2.454845	285	245	5	2	3	4	0	0	0	2
'cirer'	216	2.334454	216	233	4	2	5	4	0	0	3	5
'citer'	4722	3.674126	4722	367	4	2	6	4	0	0	2	3
'civil'	4615	3.664172	-2	-2	5	2	6	6	1	1	2	0
'clair'	13741	4.138018	-2	-2	4	1	6	5	2	2	5	4
'clerc'	1952	3.29048	1952	329	4	1	5	5	0	0	5	0
'clore'	497	2.696356	497	269	4	1	4	5	0	0	1	2
'clown'	259	2.4133	259	241	4	1	6	5	0	0	0	0
'coeur'	60462	4.781483	60462	478	3	1	4	4	0	0	1	1
'cohue'	680	2.832509	680	283	3	2	4	3	0	0	0	2
'colis'	442	2.645422	442	264	4	2	5	5	0	0	0	1
'colle'	348	2.541579	348	254	3	1	6	4	0	0	1	4
'colon'	421	2.624282	421	262	4	2	6	5	0	0	0	5
'comme'	437511	5.640989	-2	-2	3	1	6	4	2	2	2	7
'comte'	4403	3.643749	4403	364	3	1	6	4	0	0	2	7
'connu'	18991	4.278548	18991	427	4	2	6	4	0	0	1	2
'conte'	2390	3.378398	2390	337	3	1	6	4	0	0	2	11
'copie'	1408	3.148603	1408	314	4	2	6	5	0	0	0	1
'coque'	863	2.936011	863	293	3	1	6	4	0	0	1	4
'corde'	4275	3.630936	4275	363	5	2	6	6	0	0	0	5
'corne'	1944	3.288696	1944	328	5	2	6	6	0	0	0	9
'corps'	54417	4.735735	54417	473	3	1	5	4	0	0	2	0
'corse'	319	2.503791	-2	-2	5	2	6	6	1	1	1	5
'cossu'	285	2.454845	285	245	4	2	6	4	0	0	1	3
'coton'	1118	3.048442	1118	304	4	2	6	4	0	0	0	4
'coude'	3118	3.493876	3118	349	3	1	5	4	0	0	0	5
'coupe'	2514	3.400365	2514	340	3	1	6	4	0	0	0	6

'cours'	14719	4.167878	14719	416	3	1	6	4	1	1	7	2
'court'	11567	4.063221	-2	-2	3	1	6	4	2	2	7	2
'couru'	1952	3.29048	1952	329	4	2	6	4	0	0	1	3
'cousu'	493	2.692847	493	269	4	2	6	4	0	0	1	2
'crabe'	395	2.596597	395	259	4	1	4	4	0	0	0	2
'craie'	561	2.748963	561	274	3	1	5	4	0	0	0	3
'credo'	306	2.485721	306	248	5	2	4	5	0	0	0	0
'creux'	5156	3.712313	-2	-2	3	1	5	4	2	2	2	3
'crier'	17612	4.245809	17612	424	5	2	5	5	0	0	1	4
'crime'	6675	3.824451	6675	382	4	1	5	5	0	0	0	5
'crise'	7206	3.857694	7206	385	4	1	5	5	0	0	0	6
'croix'	7904	3.897847	7904	389	4	1	5	5	0	0	0	1
'cruel'	4760	3.677607	4760	367	5	2	6	6	0	0	1	0
'cuire'	914	2.960946	914	296	4	1	5	5	0	0	1	3
'cuite'	553	2.742725	553	274	4	1	5	4	1	1	1	5
'culot'	280	2.447158	280	244	4	2	6	4	0	0	0	2
'culte'	3186	3.503246	3186	350	5	2	5	5	0	0	0	3
'curer'	370	2.568202	370	256	4	2	5	4	0	0	2	6
'cycle'	914	2.960946	914	296	5	2	5	5	0	0	0	0
'cygne'	821	2.914343	821	291	3	1	3	4	0	0	1	1
'dalle'	1352	3.130977	1352	313	3	1	6	4	0	0	0	5
'danse'	4228	3.626135	4228	362	3	1	6	4	0	0	1	3
'dater'	1569	3.195623	1569	319	4	2	5	4	0	0	0	5
'datte'	165	2.217484	165	222	3	1	5	4	0	0	1	6
'delta'	182	2.260071	182	226	5	2	5	5	0	0	0	0
'dense'	1280	3.10721	1280	310	3	1	5	4	0	0	1	1
'dette'	1574	3.197005	1574	319	3	1	3	4	0	0	0	4
'deuil'	2535	3.403978	2535	340	3	1	4	3	0	0	0	1
'devin'	289	2.460898	289	246	4	2	6	4	0	0	0	2
'digne'	5602	3.748343	5602	374	3	1	6	4	0	0	0	4
'digue'	995	2.997823	995	299	3	1	4	4	0	0	0	7
'dinde'	182	2.260071	182	226	3	1	5	4	0	0	0	0
'divan'	1646	3.21643	1646	321	4	2	5	4	0	0	0	1
'divin'	10512	4.021685	10512	402	4	2	6	4	0	0	0	2
'dogme'	1608	3.206286	1608	320	5	2	5	5	0	0	0	1
'doigt'	16655	4.221545	16655	422	3	1	6	4	0	0	0	0
'dorer'	357	2.552668	357	255	4	2	5	5	0	0	2	6
'doter'	370	2.568202	370	256	4	2	4	4	0	0	0	8
'doute'	43985	4.643305	43985	464	3	1	6	4	0	0	0	9
'douze'	4849	3.685652	-2	-2	3	1	5	4	1	1	1	4
'doyen'	633	2.801404	633	280	5	2	6	5	0	0	0	1
'drame'	7504	3.875293	7504	387	4	1	5	5	0	0	0	1
'duper'	348	2.541579	348	254	4	2	6	4	0	0	0	3
'durer'	8857	3.947287	8857	394	4	2	5	4	0	0	1	5

'duvet'	616	2.789581	616	279	4	2	6	4	0	0	0	0
'encre'	1825	3.261263	1825	326	4	2	6	4	0	0	1	2
'enfer'	4360	3.639486	4360	363	4	2	6	5	0	0	0	1
'enfin'	51860	4.714833	51860	471	3	2	5	3	0	0	0	1
'engin'	787	2.895975	787	289	3	2	4	3	0	0	0	1
'enjeu'	502	2.700704	502	270	3	2	4	3	0	0	0	0
'ennui'	6636	3.821906	6636	382	4	2	5	5	0	0	0	0
'entre'	93254	4.969667	93254	496	4	2	6	5	0	0	1	2
'envie'	11507	4.060962	11507	406	3	2	6	4	0	0	2	0
'envoi'	1131	3.053463	1131	305	4	2	5	5	0	0	0	1
'envol'	208	2.318063	208	232	4	2	6	5	0	0	0	1
'errer'	2476	3.393751	2476	339	3	2	5	3	0	0	0	0
'essai'	3909	3.592066	3909	359	3	2	6	4	0	0	0	0
'essor'	680	2.832509	680	283	4	2	6	5	0	0	0	0
'exact'	5722	3.757548	5722	375	4	2	6	5	0	0	0	0
'exclu'	1127	3.051924	-2	-2	6	2	6	7	1	1	3	0
'exode'	463	2.665581	463	266	5	2	4	5	0	0	0	0
'extra'	225	2.352183	-2	-2	6	2	6	7	1	1	1	0
'fable'	1386	3.141763	1386	314	5	2	5	5	0	0	0	3
'fagot'	497	2.696356	497	269	4	2	6	4	0	0	0	5
'faire'	410087	5.612876	410087	561	3	1	6	4	0	0	1	6
'fakir'	327	2.514548	327	251	5	2	3	4	0	0	1	0
'faner'	344	2.536558	344	253	4	2	5	5	0	0	2	2
'farce'	927	2.96708	927	296	5	2	6	5	0	0	0	3
'farci'	293	2.466868	293	246	5	2	6	6	0	0	1	1
'faste'	412	2.614897	-2	-2	5	2	5	5	1	1	1	5
'fatal'	2207	3.343802	2207	334	5	2	6	6	0	0	2	2
'faune'	557	2.745855	557	274	3	1	6	4	0	0	0	4
'faute'	14771	4.16941	14771	416	3	1	6	4	0	0	0	7
'fauve'	1331	3.124178	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	4
'femme'	85992	4.934458	85992	493	3	1	6	4	0	0	0	2
'fendu'	659	2.818885	659	281	4	2	6	4	0	0	1	4
'fente'	710	2.851258	710	285	3	1	4	4	0	0	0	7
'ferme'	3475	3.540955	-2	-2	5	2	6	6	2	2	2	9
'fesse'	1208	3.082067	1208	308	3	1	6	4	0	0	0	4
'fibre'	1165	3.066326	1165	306	5	2	6	5	0	0	0	3
'fiche'	821	2.914343	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	5
'fichu'	990	2.995635	467	267	4	2	6	4	1	1	2	1
'figer'	472	2.673942	472	267	4	2	4	3	0	0	0	3
'figue'	263	2.419956	263	242	3	1	5	4	0	0	0	5
'filer'	3326	3.521922	3326	352	4	2	5	4	0	0	0	6
'filet'	2382	3.376942	2382	337	4	2	5	4	0	0	0	2
'fille'	43921	4.642672	43921	464	3	1	6	4	0	0	0	5
'filon'	165	2.217484	165	222	4	2	5	4	0	0	0	4

'final'	2395	3.379306	2395	337	5	2	6	6	0	0	2	1
'finir'	19459	4.289121	19459	428	5	2	5	5	0	0	0	1
'fiole'	425	2.628389	425	262	4	1	4	4	0	0	0	2
'firme'	3441	3.536685	3441	353	5	2	5	5	0	0	0	2
'fixer'	7530	3.876795	7530	387	5	2	5	5	0	0	0	3
'flair'	310	2.491362	310	249	4	1	6	4	0	0	0	2
'flanc'	3794	3.579097	3794	357	3	1	6	4	0	0	1	2
'fleur'	16417	4.215294	-2	-2	4	1	6	5	1	1	1	1
'flirt'	233	2.367356	233	236	5	1	6	6	0	0	0	0
'flore'	348	2.541579	348	254	4	1	5	5	0	0	0	2
'foire'	1752	3.243534	1752	324	4	1	6	5	0	0	0	7
'folie'	6594	3.819149	6594	381	4	2	5	5	0	0	0	3
'fonds'	1667	3.221936	1667	322	2	1	5	3	0	0	2	2
'fondu'	914	2.960946	-2	-2	4	2	6	4	1	1	3	3
'fonte'	676	2.829947	676	283	3	1	6	4	0	0	1	8
'force'	52685	4.721687	-2	-2	5	2	6	6	1	1	1	5
'forge'	735	2.866287	735	286	5	2	6	6	0	0	0	4
'forme'	39569	4.597355	39569	459	5	2	6	5	0	0	0	6
'fosse'	1080	3.033424	1080	303	3	1	6	4	0	0	1	6
'fouet'	1540	3.187521	1540	318	3	1	6	4	0	0	0	4
'foule'	11784	4.071293	11784	407	3	1	6	4	0	0	0	8
'foutu'	1046	3.019532	1046	301	4	2	6	4	0	0	1	0
'foyer'	3884	3.589279	3884	358	5	2	3	4	0	0	1	2
'frais'	2807	3.448242	-2	-2	3	1	6	4	2	2	4	0
'franc'	15545	4.191591	-2	-2	3	1	6	4	2	2	2	1
'frein'	778	2.89098	778	289	3	1	6	4	0	0	0	0
'frise'	285	2.454845	285	245	4	1	6	5	0	0	0	7
'frite'	289	2.460898	289	246	4	1	6	5	1	1	1	6
'froid'	16715	4.223106	-2	-2	4	1	6	5	1	1	1	0
'front'	19782	4.29627	19782	429	3	1	6	4	0	0	0	0
'fruit'	7802	3.892206	7802	389	4	1	6	5	0	0	0	1
'fugue'	625	2.79588	625	279	3	1	6	4	0	0	0	1
'fuite'	3960	3.597695	3960	359	4	1	4	4	0	0	0	4
'fumer'	4160	3.619093	4160	361	4	2	6	4	0	0	1	3
'fumet'	221	2.344392	221	234	4	2	6	4	0	0	0	2
'furet'	191	2.281033	191	228	4	2	6	4	0	0	0	3
'furie'	638	2.804821	638	280	4	2	6	5	0	0	0	1
'fuser'	416	2.619093	416	262	4	2	5	4	0	0	1	3
'fusil'	4467	3.650016	4467	365	4	2	6	5	0	0	0	0
'futur'	6100	3.78533	-2	-2	5	2	6	6	1	1	2	0
'gaffe'	527	2.721811	527	272	3	1	6	4	0	0	0	1
'gager'	170	2.230449	170	223	4	2	5	4	0	0	0	6
'gaine'	387	2.587711	387	258	3	1	6	3	0	0	0	5
'galet'	565	2.752048	565	275	4	2	6	5	0	0	0	3

'galon'	667	2.824126	667	282	4	2	6	4	0	0	1	5
'galop'	1123	3.05038	1123	305	4	2	6	4	0	0	0	1
'gamin'	2033	3.308137	-2	-2	4	2	6	4	1	1	1	1
'gamme'	740	2.869232	740	286	3	1	5	4	0	0	0	3
'garce'	723	2.859138	723	285	5	2	4	5	0	0	0	2
'garde'	11290	4.052694	11290	405	5	2	7	6	0	0	0	5
'garer'	212	2.326336	212	232	4	2	5	4	0	0	0	6
'garni'	1382	3.140508	1382	314	5	2	6	6	0	0	0	0
'gaver'	182	2.260071	182	226	4	2	5	4	0	0	0	7
'gazon'	901	2.954725	901	295	4	2	6	4	0	0	0	1
'geler'	365	2.562293	365	256	4	2	4	3	0	0	3	2
'genou'	9227	3.965061	9227	396	4	2	6	5	0	0	0	0
'genre'	12571	4.09937	12571	409	3	1	4	3	0	0	0	0
'gerbe'	1276	3.105851	1276	310	5	2	5	5	0	0	0	3
'germe'	2288	3.359456	2288	335	5	2	6	5	0	0	0	7
'geste'	24232	4.384389	24232	438	5	2	5	5	0	0	0	5
'gifle'	753	2.876795	753	287	5	2	6	5	0	0	0	0
'gigot'	280	2.447158	280	244	4	2	6	4	0	0	0	1
'gilet'	1140	3.056905	1140	305	4	2	3	3	0	0	0	3
'gitan'	272	2.434569	272	243	4	2	6	4	0	0	0	1
'givre'	238	2.376577	238	237	5	2	6	5	0	0	0	2
'glace'	5900	3.770852	5900	377	4	1	6	5	0	0	0	1
'globe'	1548	3.189771	1548	319	4	1	6	5	0	0	0	2
'golfe'	476	2.677607	476	267	5	2	6	5	0	0	0	0
'gomme'	314	2.49693	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	7
'gorge'	5305	3.724685	5305	372	5	2	6	5	0	0	0	1
'gosse'	2829	3.451633	-2	-2	3	1	4	3	1	1	1	4
'grade'	667	2.824126	667	282	4	1	5	5	0	0	0	2
'grain'	3926	3.59395	3926	359	3	1	6	4	0	0	0	3
'grand'	169586	5.22939	-2	-2	3	1	6	4	2	2	2	1
'grave'	12069	4.081671	-2	-2	4	1	6	5	1	1	1	4
'grief'	1225	3.088136	1225	308	6	2	4	6	0	0	0	0
'gueux'	357	2.552668	357	255	2	1	5	3	0	0	0	1
'guide'	2778	3.443732	2778	344	3	1	6	4	0	0	1	1
'guise'	1084	3.035029	1084	303	3	1	4	3	0	0	0	2
'habit'	2833	3.452247	2833	345	3	2	6	4	0	0	0	0
'hache'	935	2.970812	935	297	3	1	6	4	0	0	0	5
'haine'	8202	3.91392	8202	391	3	1	6	4	0	0	0	5
'halle'	642	2.807535	642	280	3	1	6	4	0	0	0	6
'halte'	1272	3.104487	-2	-2	5	2	5	5	1	1	1	2
'hamac'	212	2.326336	212	232	5	2	4	5	0	0	0	0
'hardi'	2148	3.332034	-2	-2	5	2	6	6	1	1	2	3
'harpe'	510	2.70757	510	270	5	2	5	5	0	0	0	3
'herbe'	8572	3.933082	8572	393	4	2	6	4	0	0	0	3
'heure'	86928	4.93916	86928	493	2	1	6	3	0	0	0	1

'heurt'	663	2.821514	663	282	3	1	6	4	0	0	0	1
'hibou'	323	2.509203	323	251	4	2	4	3	0	0	0	0
'hiver'	8257	3.916822	8257	391	4	2	6	5	0	0	0	2
'homme'	199119	5.299113	199119	529	2	1	6	3	0	0	0	5
'honte'	9236	3.965484	9236	396	3	1	6	4	0	0	0	6
'horde'	391	2.592177	391	259	5	2	4	5	0	0	0	2
'hotte'	191	2.281033	191	228	3	1	6	4	0	0	0	7
'houle'	889	2.948902	889	294	3	1	6	4	0	0	0	7
'huile'	2412	3.382377	2412	338	3	1	6	4	0	0	0	1
'humer'	548	2.738781	548	273	4	2	5	4	0	0	0	1
'hutte'	612	2.786751	612	278	3	1	3	3	0	0	0	3
'hymne'	1025	3.010724	1025	301	4	2	4	3	0	0	0	1
'idiot'	3692	3.567262	-2	-2	4	2	6	5	1	1	1	0
'idole'	1688	3.227372	1688	322	4	2	5	5	0	0	0	0
'image'	28325	4.45217	28325	445	4	2	6	5	0	0	0	1
'impie'	1130	3.053078	-2	-2	3	2	5	4	2	2	2	0
'impur'	1067	3.028164	1067	302	4	2	6	5	0	0	1	0
'index'	1557	3.192289	1557	319	5	2	6	6	0	0	0	0
'issue'	3505	3.544688	3505	354	3	2	5	3	1	1	2	0
'jadis'	9044	3.956361	-2	-2	5	2	4	4	1	1	1	1
'jambe'	11439	4.058388	11439	405	3	1	5	4	0	0	0	1
'jarre'	297	2.472756	297	247	3	1	6	4	0	0	1	3
'jaune'	6500	3.812913	-2	-2	3	1	5	4	2	2	2	3
'jeter'	22509	4.352356	22509	435	4	2	4	4	0	0	2	0
'jeton'	191	2.281033	191	228	4	2	4	4	0	0	0	1
'jeudi'	2484	3.395152	2484	339	4	2	4	3	0	0	0	0
'jeune'	62300	4.794488	-2	-2	3	1	6	4	2	2	2	2
'joint'	2399	3.38003	-2	-2	3	1	6	4	2	2	2	1
'jouer'	26883	4.429478	26883	442	3	1	5	3	0	0	0	9
'jouet'	1225	3.088136	1225	308	3	1	5	3	0	0	0	3
'jouir'	4190	3.622214	4190	362	4	1	5	4	0	0	0	3
'joyau'	297	2.472756	297	247	5	2	4	5	0	0	0	2
'juger'	13579	4.132868	13579	413	4	2	5	4	0	0	1	1
'jupon'	625	2.79588	625	279	4	2	4	4	0	0	0	2
'jurer'	4798	3.68106	4798	368	4	2	4	4	0	0	4	4
'juron'	370	2.568202	370	256	4	2	4	4	0	0	0	2
'juste'	20833	4.318752	-2	-2	5	2	6	6	2	2	2	3
'lacet'	680	2.832509	680	283	4	2	5	4	0	0	0	1
'laine'	2480	3.394452	2480	339	3	1	6	4	0	0	0	7
'lampe'	7155	3.85461	7155	385	3	1	6	4	0	0	0	3
'lance'	1199	3.078819	1199	307	3	1	6	4	0	0	0	3
'lande'	1238	3.092721	1238	309	3	1	5	4	0	0	0	4
'lange'	242	2.383815	242	238	3	1	6	4	0	0	0	6
'lapin'	2012	3.303628	2012	330	4	2	6	4	0	0	0	4

'large'	13243	4.121986	-2	-2	5	2	6	6	2	2	2	5
'larme'	10674	4.028327	10674	402	5	2	5	5	0	0	0	3
'larve'	629	2.798651	629	279	5	2	5	5	0	0	0	3
'latin'	3552	3.550473	-2	-2	4	2	6	4	1	1	1	5
'latte'	242	2.383815	242	238	3	1	6	4	0	0	0	8
'laver'	2875	3.458638	2875	345	4	2	6	4	0	0	0	9
'lever'	26393	4.421489	-2	-2	4	2	4	4	1	1	3	2
'liane'	425	2.628389	425	262	4	1	5	4	0	0	0	2
'liant'	293	2.466868	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	2
'libre'	21335	4.329093	21335	432	5	2	6	6	0	0	0	3
'lieue'	1518	3.181272	1518	318	3	1	5	4	0	0	1	1
'ligne'	20727	4.316536	20727	431	3	1	6	4	0	0	0	5
'ligue'	935	2.970812	935	297	3	1	6	4	0	0	0	6
'lilas'	663	2.821514	663	282	4	2	4	4	0	0	0	0
'limon'	255	2.40654	255	240	4	2	6	4	0	0	0	2
'linge'	3403	3.531862	3403	353	3	1	6	4	0	0	0	4
'liste'	1752	3.243534	1752	324	5	2	4	4	0	0	0	3
'litre'	872	2.940516	872	294	5	2	5	5	0	0	0	6
'livre'	37080	4.56914	37080	456	5	2	6	5	0	0	0	5
'local'	2671	3.426674	-2	-2	5	2	6	6	1	1	2	4
'loger'	2101	3.322426	2101	332	4	2	5	4	0	0	0	5
'logis'	1582	3.199206	1582	319	4	2	5	5	0	0	0	1
'loque'	587	2.768638	587	276	3	1	6	4	0	0	0	3
'louer'	2556	3.407561	2556	340	3	1	5	3	0	0	0	10
'louis'	2152	3.332842	2152	333	3	1	4	3	0	0	0	1
'loupe'	387	2.587711	387	258	3	1	6	4	0	0	0	4
'lourd'	13873	4.14217	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	2
'louve'	178	2.25042	178	225	3	1	6	4	0	0	0	2
'loyal'	1131	3.053463	1131	305	6	2	6	7	0	0	1	2
'loyer'	416	2.619093	416	262	5	2	4	5	0	0	0	5
'lubie'	259	2.4133	259	241	4	2	4	4	0	0	0	0
'lueur'	4837	3.684576	4837	368	4	1	4	3	0	0	0	2
'luire'	1871	3.272074	1871	327	4	1	4	4	0	0	0	3
'lundi'	2905	3.463146	2905	346	4	2	4	2	0	0	0	0
'lutte'	8980	3.953276	8980	395	3	1	6	4	0	0	1	4
'magie'	1863	3.270213	1863	327	4	2	5	5	0	0	0	2
'magent'	272	2.434569	272	243	4	2	4	4	0	0	0	4
'maint'	416	2.619093	416	262	2	1	6	3	0	0	1	1
'maire'	2395	3.379306	2395	337	3	1	5	4	0	0	2	6
'major'	838	2.923244	-2	-2	5	2	6	6	1	1	1	0
'malin'	1901	3.278982	-2	-2	4	2	6	5	1	1	1	3
'malle'	1203	3.080266	1203	308	3	1	6	4	0	0	3	8
'maman'	12273	4.088951	12273	408	4	2	4	4	0	0	0	0
'manie'	2156	3.333649	2156	333	4	2	6	5	0	0	0	5
'mardi'	1995	3.299943	1995	330	5	2	4	4	0	0	0	3

'marge'	1825	3.261263	1825	326	5	2	6	5	0	0	0	5
'marin'	2888	3.460597	-2	-2	4	2	6	4	1	1	1	4
'masse'	9572	3.981003	9572	398	3	1	6	4	0	0	0	7
'match'	280	2.447158	280	244	4	1	4	4	0	0	0	1
'mater'	255	2.40654	255	240	4	2	6	5	0	0	1	5
'matin'	35885	4.554913	-2	-2	4	2	6	4	1	1	3	7
'matou'	170	2.230449	170	223	4	2	5	4	0	0	0	1
'mauve'	1012	3.005181	-2	-2	3	1	5	4	1	1	1	3
'melon'	795	2.900367	795	290	4	2	4	3	0	0	0	2
'mener'	12260	4.08849	12260	408	4	2	5	4	0	0	1	1
'merci'	6428	3.808076	6428	380	5	2	6	5	0	0	0	0
'merle'	612	2.786751	612	278	5	2	5	5	0	0	0	4
'messe'	4649	3.66736	4649	366	3	1	5	4	0	0	1	4
'meule'	718	2.856124	718	285	3	1	6	4	0	0	0	5
'meute'	365	2.562293	365	256	3	1	4	3	0	0	0	1
'miche'	225	2.352183	225	235	3	1	6	4	0	0	0	7
'mieux'	49129	4.691338	-2	-2	3	1	6	4	2	2	2	3
'mille'	21152	4.325351	-2	-2	3	1	6	4	1	1	2	5
'mimer'	476	2.677607	476	267	4	2	5	5	0	0	0	8
'mince'	4977	3.696968	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	1
'miner'	238	2.376577	238	237	4	2	6	5	0	0	0	8
'mirer'	344	2.536558	344	253	4	2	5	4	0	0	0	9
'mixte'	519	2.715167	519	271	6	2	5	6	0	0	0	1
'moche'	421	2.624282	421	262	3	1	6	4	0	0	0	8
'moine'	1714	3.234011	1714	323	4	1	6	5	0	0	0	4
'moins'	97713	4.989952	-2	-2	3	1	5	4	2	2	2	1
'moisi'	425	2.628389	-2	-2	5	2	6	6	1	1	2	0
'moite'	731	2.863917	731	286	4	1	6	5	0	0	0	6
'momie'	319	2.503791	319	250	4	2	5	5	0	0	0	1
'monde'	102291	5.009837	102291	500	3	1	5	4	0	0	0	4
'moral'	20348	4.308522	-2	-2	5	2	6	6	1	1	3	2
'mordu'	565	2.752048	-2	-2	5	2	6	5	1	1	3	1
'morne'	2620	3.418301	-2	-2	5	2	4	5	1	1	1	8
'motif'	5853	3.767379	5853	376	5	2	5	5	0	0	0	1
'motte'	570	2.755875	570	275	3	1	4	4	0	0	0	8
'moule'	727	2.861534	727	286	3	1	6	4	0	0	0	11
'moyen'	26844	4.428847	-2	-2	5	2	6	6	1	1	1	2
'mufle'	748	2.873902	-2	-2	5	2	6	6	1	1	1	0
'mulet'	978	2.990339	978	299	4	2	6	4	0	0	0	2
'myope'	638	2.804821	-2	-2	4	1	5	5	1	1	1	0
'mythe'	2905	3.463146	2905	346	3	1	5	4	0	0	1	0
'nager'	1310	3.117271	1310	311	4	2	5	4	0	0	0	2
'nappe'	2169	3.33626	2169	333	3	1	6	4	0	0	0	0
'nasal'	212	2.326336	212	232	5	2	6	4	0	0	2	2

'natal'	1144	3.058426	1144	305	5	2	6	6	0	0	2	3
'natif'	536	2.729165	536	272	5	2	5	5	0	0	0	1
'natte'	689	2.838219	689	283	3	1	6	4	0	0	0	6
'naval'	825	2.916454	825	291	5	2	6	5	0	0	2	2
'navet'	233	2.367356	233	236	4	2	6	5	0	0	0	0
'neige'	6585	3.818556	6585	381	3	1	6	3	0	0	0	1
'neveu'	2152	3.332842	2152	333	4	2	3	3	0	0	0	0
'niais'	1025	3.010724	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	1
'niche'	570	2.755875	570	275	3	1	6	4	0	0	0	4
'noble'	6534	3.815179	6534	381	5	2	6	6	0	0	0	0
'nocif'	170	2.230449	170	223	5	2	5	5	0	0	0	0
'noeud'	2327	3.366796	2327	336	2	1	3	3	0	0	0	0
'norme'	693	2.840733	693	284	5	2	5	5	0	0	0	1
'notre'	101002	5.00433	101002	500	5	2	6	6	0	0	0	3
'nouer'	1948	3.289589	1948	328	3	1	5	3	0	0	0	6
'noyau'	1582	3.199206	1582	319	5	2	6	6	0	0	0	2
'nuage'	6411	3.806926	6411	380	4	1	6	5	0	0	0	0
'nuire'	1867	3.271144	1867	327	4	1	4	4	0	0	0	3
'nuque'	2595	3.414137	2595	341	3	1	3	4	0	0	0	1
'oasis'	855	2.931966	855	293	5	3	2	2	0	0	0	0
'objet'	32252	4.508557	32252	450	4	2	5	5	0	0	0	0
'obtus'	255	2.40654	255	240	4	2	6	5	0	0	0	0
'odeur'	12214	4.086858	12214	408	4	2	4	3	0	0	0	0
'offre'	1391	3.143327	1391	314	4	2	5	4	0	0	0	0
'ogive'	276	2.440909	276	244	4	2	5	5	0	0	0	1
'oisif'	672	2.827369	-2	-2	5	2	5	5	1	1	1	0
'olive'	425	2.628389	-2	-2	4	2	6	5	1	1	1	1
'ombre'	24789	4.394259	24789	439	4	2	6	4	0	0	0	2
'oncle'	8347	3.92153	8347	392	4	2	4	3	0	0	0	1
'ongle'	2607	3.416141	2607	341	4	2	6	4	0	0	0	2
'opium'	638	2.804821	638	280	5	2	4	6	0	0	0	0
'opter'	353	2.547775	353	254	4	2	4	4	0	0	0	0
'orage'	4105	3.613313	4105	361	4	2	6	5	0	0	0	2
'ordre'	38003	4.579818	38003	457	5	2	4	4	0	0	0	0
'orgue'	1186	3.074085	1186	307	4	2	6	4	0	0	1	1
'orner'	1123	3.05038	1123	305	4	2	5	4	0	0	0	0
'ortie'	246	2.390935	246	239	4	2	4	5	0	0	0	1
'osier'	502	2.700704	502	270	4	2	3	3	0	0	0	0
'otage'	676	2.829947	676	283	4	2	4	4	0	0	0	3
'ouate'	302	2.480007	302	248	3	1	6	4	0	0	1	2
'oubli'	3471	3.540455	3471	354	4	2	6	5	0	0	0	0
'ouest'	3731	3.571825	-2	-2	4	1	4	5	1	1	1	0
'outil'	2514	3.400365	2514	340	3	2	6	4	0	0	0	0
'outre'	416	2.619093	416	262	4	2	6	5	2	2	2	2
'ovale'	463	2.665581	-2	-2	4	2	5	5	1	1	1	4

'pacte'	1165	3.066326	1165	306	5	2	5	5	0	0	0	1
'paire'	1578	3.198107	-2	-2	3	1	6	4	1	1	5	4
'palme'	948	2.976808	948	297	5	2	6	6	0	0	0	3
'panne'	680	2.832509	680	283	3	1	6	4	0	0	1	7
'pardi'	225	2.352183	225	235	5	2	6	5	0	0	0	5
'parer'	1386	3.141763	1386	314	4	2	5	5	0	0	0	6
'parmi'	20425	4.310162	20425	431	5	2	5	5	0	0	0	3
'paroi'	2067	3.31534	2067	331	5	2	6	6	0	0	0	3
'parti'	23121	4.364007	14349	415	5	2	6	6	1	1	3	3
'passe'	1629	3.211921	1629	321	3	1	6	4	0	0	0	11
'patio'	323	2.509203	323	251	5	2	5	4	0	0	0	1
'patte'	4177	3.620864	4177	362	3	1	7	4	0	0	0	6
'paume'	1769	3.247728	1769	324	3	1	6	4	0	0	0	5
'pause'	2301	3.361917	2301	336	3	1	4	4	0	0	1	5
'payer'	9772	3.989983	9772	399	4	2	5	3	0	0	0	6
'peine'	20803	4.318126	20803	431	3	1	6	4	0	0	2	3
'pelle'	663	2.821514	663	282	3	1	6	4	0	0	0	6
'pendu'	1752	3.243534	1752	324	4	2	6	5	0	0	1	4
'pente'	5220	3.717671	5220	371	3	1	6	4	0	0	0	12
'perdu'	22952	4.360821	-2	-2	5	2	6	5	1	1	3	1
'perle'	2148	3.332034	2148	333	5	2	6	5	0	0	0	5
'perte'	4173	3.620448	4173	362	5	2	5	5	0	0	0	6
'peser'	5905	3.77122	5905	377	4	2	5	4	0	0	1	2
'peste'	2203	3.343014	2203	334	5	2	6	5	1	1	1	10
'petit'	147638	5.169198	-2	-2	4	2	7	5	2	2	2	0
'phare'	1293	3.111599	1293	311	3	1	5	4	0	0	2	1
'phase'	1808	3.257198	1808	325	3	1	4	3	0	0	0	1
'photo'	1561	3.193403	1561	319	4	2	6	4	0	0	0	1
'piano'	3973	3.599119	-2	-2	5	2	6	5	1	1	1	0
'pieux'	2297	3.361161	2297	336	3	1	5	4	0	0	1	4
'pilon'	187	2.271842	187	227	4	2	6	4	0	0	0	3
'pince'	348	2.541579	348	254	3	1	6	4	0	0	0	6
'pique'	684	2.835056	684	283	3	1	6	4	0	0	2	5
'piste'	1986	3.297979	1986	329	5	2	6	5	0	0	0	5
'pivot'	251	2.399674	251	240	4	2	6	4	0	0	0	1
'place'	43313	4.636618	43313	463	4	1	6	5	0	0	0	6
'plage'	2761	3.441066	2761	344	4	1	5	5	0	0	0	5
'plaie'	2293	3.360404	2293	336	3	1	5	4	0	0	0	7
'plant'	331	2.519828	331	252	3	1	6	4	0	0	2	3
'plein'	37986	4.579624	-2	-2	3	1	6	4	3	3	3	0
'plier'	2514	3.400365	2514	340	5	2	5	5	0	0	0	1
'plomb'	1408	3.148603	1408	314	3	1	6	4	0	0	0	0
'pluie'	8989	3.953711	8989	395	4	1	4	3	0	0	0	2
'plume'	5105	3.707996	5105	370	4	1	6	5	0	0	0	2

'poche'	8474	3.928088	8474	392	3	1	6	4	0	0	0	6
'poids'	7313	3.864096	7313	386	3	1	7	4	0	0	3	0
'poilu'	659	2.818885	-2	-2	5	2	6	5	1	1	2	0
'poing'	5003	3.699231	5003	369	3	1	5	4	0	0	2	2
'point'	99920	4.999652	42568	462	3	1	7	4	1	1	2	2
'poire'	531	2.725095	-2	-2	4	1	6	5	1	1	1	6
'poker'	238	2.376577	238	237	5	2	3	3	0	0	0	2
'polir'	263	2.419956	263	242	5	2	5	5	0	0	0	3
'pomme'	3041	3.483016	3041	348	3	1	7	4	0	0	0	8
'pompe'	1369	3.136403	1369	313	3	1	6	4	0	0	0	2
'porte'	45802	4.660884	-2	-2	5	2	7	6	1	1	1	9
'porto'	416	2.619093	416	262	5	2	5	5	0	0	0	1
'poser'	19289	4.28531	19289	428	4	2	5	5	0	0	2	3
'poste'	6926	3.840482	6926	384	5	2	6	5	0	0	0	6
'potin'	319	2.503791	319	250	4	2	6	4	0	0	0	2
'pouce'	1944	3.288696	1944	328	3	1	4	4	0	0	1	4
'poule'	2182	3.338855	-2	-2	3	1	6	4	1	1	2	12
'pouls'	544	2.735599	544	273	2	1	5	3	0	0	1	1
'prier'	11231	4.050418	11231	405	5	2	5	5	0	0	0	3
'prime'	561	2.748963	561	274	4	1	6	5	1	1	1	4
'prise'	4730	3.674861	4730	367	4	1	6	5	1	1	1	6
'proie'	3875	3.588272	3875	358	4	1	4	3	0	0	0	4
'prose'	2909	3.463744	2909	346	4	1	5	5	0	0	0	5
'proue'	340	2.531479	340	253	3	1	6	4	0	0	1	4
'prune'	399	2.600973	-2	-2	4	1	6	5	1	1	1	3
'puant'	484	2.684845	484	268	3	1	6	4	0	0	0	4
'puits'	2373	3.375298	2373	337	3	1	4	4	0	0	2	0
'pulpe'	242	2.383815	242	238	5	2	6	5	0	0	0	0
'punch'	174	2.240549	-2	-2	3	1	6	3	0	1	0	1
'punir'	1352	3.130977	1352	313	5	2	5	5	0	0	0	1
'quand'	139737	5.145311	-2	-2	2	1	5	3	1	1	3	1
'quant'	12550	4.098644	12550	409	2	1	6	3	0	0	3	5
'quart'	5909	3.771514	5909	377	3	1	6	4	0	0	2	1
'quasi'	1965	3.293363	-2	-2	4	2	6	5	1	1	1	0
'queue'	3024	3.480582	3024	348	2	1	5	2	0	0	1	1
'radio'	2390	3.378398	2390	337	5	2	6	5	0	0	1	2
'radis'	280	2.447158	280	244	4	2	5	5	0	0	0	3
'rager'	212	2.326336	212	232	4	2	5	4	0	0	0	6
'ragot'	310	2.491362	310	249	4	2	5	4	0	0	0	4
'raide'	2518	3.401056	-2	-2	3	1	6	4	1	1	2	1
'ramer'	246	2.390935	246	239	4	2	5	4	0	0	1	6
'rampe'	1280	3.10721	1280	310	3	1	6	4	0	0	0	3
'raser'	1063	3.026533	1063	302	4	2	5	4	0	0	0	9
'rater'	697	2.843233	697	284	4	2	5	4	0	0	2	8

'ravin'	791	2.898176	791	289	4	2	6	4	0	0	0	4
'ravir'	1280	3.10721	1280	310	5	2	5	5	0	0	0	2
'rayer'	361	2.557507	361	255	4	2	4	4	0	0	2	6
'rayon'	5875	3.769008	5875	376	4	2	6	4	0	0	0	2
'rebut'	212	2.326336	212	232	4	2	6	5	0	0	0	0
'recul'	1684	3.226342	1684	322	5	2	6	6	0	0	0	1
'refus'	4016	3.603794	4016	360	4	2	6	5	0	0	0	0
'reine'	5534	3.743039	5534	374	3	1	6	4	0	0	2	4
'rejet'	348	2.541579	348	254	4	2	6	4	0	0	0	0
'rendu'	9631	3.983671	-2	-2	4	2	6	4	1	1	2	3
'renom'	331	2.519828	331	252	4	2	6	5	0	0	0	0
'rente'	893	2.950851	893	295	3	1	5	4	0	0	0	8
'repas'	5671	3.75366	5671	375	4	2	6	5	0	0	0	1
'repli'	1361	3.133858	1361	313	5	2	6	6	0	0	0	0
'repos'	7538	3.877256	7538	387	4	2	6	5	0	0	0	1
'reste'	26266	4.419394	26266	441	5	2	6	5	0	0	0	6
'revue'	5739	3.758836	5739	375	4	2	4	4	0	0	0	2
'rhum'	612	2.786751	612	278	3	1	6	4	0	0	0	0
'riant'	4369	3.640382	4369	364	3	1	6	4	0	0	0	1
'riche'	10980	4.040602	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	7
'rieur'	838	2.923244	-2	-2	4	1	5	3	1	1	1	1
'rimer'	378	2.577492	378	257	4	2	5	4	0	0	2	6
'rival'	1565	3.194514	-2	-2	5	2	6	6	1	1	3	0
'river'	208	2.318063	208	232	4	2	6	4	0	0	0	5
'roche'	1961	3.292478	1961	329	3	1	6	4	0	0	0	8
'roman'	11337	4.054498	-2	-2	4	2	6	5	1	1	2	0
'rompu'	2624	3.418964	2624	341	4	2	6	4	0	0	1	0
'ronce'	850	2.929419	850	292	3	1	6	4	0	0	0	4
'ronde'	3973	3.599119	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	5
'rouge'	18855	4.275427	-2	-2	3	1	6	4	2	2	2	3
'route'	24011	4.38041	24011	438	3	1	5	4	0	0	0	6
'royal'	2284	3.358696	2284	335	6	2	6	7	0	0	1	1
'ruban'	2067	3.31534	2067	331	4	2	4	4	0	0	0	0
'rubis'	336	2.526339	336	252	4	2	5	5	0	0	0	1
'ruche'	867	2.938019	867	293	3	1	6	4	0	0	0	5
'rugir'	297	2.472756	297	247	5	2	5	5	0	0	0	2
'ruine'	4173	3.620448	4173	362	4	1	6	5	0	0	0	1
'rural'	735	2.866287	-2	-2	5	2	6	4	1	1	3	1
'ruser'	378	2.577492	378	257	4	2	5	4	0	0	4	3
'russe'	6504	3.813181	-2	-2	3	1	4	4	1	1	1	2
'sable'	6402	3.806316	-2	-2	5	2	6	5	1	1	1	7
'sabat'	1910	3.281033	1910	328	4	2	6	4	0	0	0	4
'sabre'	940	2.973128	940	297	5	2	6	5	0	0	0	3
'saint'	31052	4.49209	-2	-2	2	1	6	3	1	1	4	3

'salir'	536	2.729165	536	272	5	2	5	5	0	0	0	3
'salle'	15396	4.187408	15396	418	3	1	4	4	0	0	1	10
'salon'	9623	3.98331	9623	398	4	2	6	4	0	0	0	6
'salut'	6500	3.812913	6500	381	4	2	6	5	0	0	0	0
'salve'	425	2.628389	425	262	5	2	4	4	0	0	0	4
'sapin'	1531	3.184975	1531	318	4	2	6	4	0	0	0	5
'satin'	680	2.832509	680	283	4	2	6	4	0	0	0	5
'sauce'	770	2.886491	770	288	3	1	6	4	0	0	0	4
'saule'	744	2.871573	744	287	3	1	4	3	0	0	0	9
'saute'	353	2.547775	353	254	3	1	6	4	0	0	0	8
'savon'	850	2.929419	850	292	4	2	6	4	0	0	0	1
'sceau'	587	2.768638	587	276	2	1	4	3	0	0	4	0
'scier'	297	2.472756	297	247	3	1	6	4	0	0	0	2
'secte'	625	2.79588	625	279	5	2	6	5	0	0	0	2
'seize'	1935	3.286681	-2	-2	3	1	5	4	1	1	1	0
'selle'	795	2.900367	795	290	3	1	6	4	0	0	2	6
'selon'	19676	4.293937	19676	429	4	2	4	4	0	0	0	3
'semer'	995	2.997823	995	299	4	2	5	4	0	0	0	0
'senti'	8355	3.921946	8355	392	4	2	6	5	0	0	1	1
'serin'	229	2.359835	229	236	4	2	6	5	0	0	2	0
'serre'	774	2.888741	774	288	3	1	6	4	0	0	2	5
'seuil'	5539	3.743431	5539	374	3	1	4	3	0	0	0	1
'sieur'	484	2.684845	484	268	4	1	4	3	0	0	1	3
'signe'	19778	4.296182	19778	429	3	1	6	4	0	0	1	4
'silex'	297	2.472756	297	247	6	2	5	4	0	0	0	1
'singe'	1646	3.21643	1646	321	3	1	6	4	0	0	0	3
'sinon'	9453	3.97557	9453	397	4	2	5	4	0	0	0	1
'sirop'	378	2.577492	378	257	4	2	5	5	0	0	0	0
'slave'	442	2.645422	-2	-2	4	1	4	4	1	1	1	1
'sobre'	684	2.835056	684	283	5	2	6	6	0	0	0	1
'socle'	425	2.628389	425	262	5	2	4	4	0	0	0	1
'soeur'	14775	4.169527	14775	416	3	1	6	4	0	0	0	3
'solde'	425	2.628389	425	262	5	2	6	5	0	0	0	2
'somme'	12078	4.081995	12078	408	3	1	6	4	0	0	0	5
'sonde'	229	2.359835	229	236	3	1	6	4	0	0	0	6
'songe'	4475	3.650793	4475	365	3	1	6	4	0	0	0	3
'sorte'	41794	4.621114	41794	462	5	2	5	5	0	0	0	7
'souci'	8291	3.918607	8291	391	4	2	6	5	0	0	0	0
'soupe'	2493	3.396722	2493	339	3	1	6	4	0	0	0	5
'sourd'	5870	3.768638	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	2
'sport'	1625	3.210853	1625	321	4	1	6	5	0	0	1	2
'stade'	1629	3.211921	1629	321	4	1	4	4	0	0	0	1
'stage'	229	2.359835	229	236	4	1	5	5	0	0	0	3
'stock'	791	2.898176	791	289	4	1	6	5	0	0	0	1
'store'	502	2.700704	502	270	4	1	4	4	0	0	0	3

'style'	6964	3.842859	6964	384	4	1	6	5	0	0	0	3
'stylo'	340	2.531479	340	253	5	2	6	5	0	0	0	2
'suave'	608	2.783904	608	278	4	1	5	5	0	0	0	1
'subir'	5317	3.725667	5317	372	5	2	5	5	0	0	0	2
'subit'	2144	3.331225	2144	333	4	2	6	5	0	0	0	1
'sucre'	2033	3.308137	2033	330	5	2	6	6	0	0	0	3
'sueur'	3441	3.536685	3441	353	4	1	4	3	0	0	0	4
'suite'	31005	4.491432	31005	449	4	1	4	4	0	0	0	2
'suivi'	7708	3.886942	7708	388	5	2	6	6	0	0	1	0
'sujet'	25423	4.405227	-2	-2	4	2	6	5	1	1	1	0
'tabac'	2225	3.34733	2225	334	4	2	5	5	0	0	0	0
'table'	25402	4.404868	25402	440	5	2	6	5	0	0	0	4
'tabou'	251	2.399674	-2	-2	4	2	6	5	1	1	2	1
'tache'	4241	3.627468	4241	362	3	1	6	4	0	0	0	4
'taire'	14188	4.151921	14188	415	3	1	4	4	0	0	3	3
'talon'	2220	3.346353	2220	334	4	2	6	4	0	0	0	3
'talus'	1378	3.139249	1378	313	4	2	4	4	0	0	0	0
'tango'	229	2.359835	-2	-2	4	2	5	4	1	1	1	0
'tante'	6139	3.788098	6139	378	3	1	5	4	0	0	1	5
'taper'	2373	3.375298	2373	337	4	2	5	4	0	0	3	6
'tapir'	276	2.440909	124	209	5	2	5	5	1	1	1	3
'tapis'	3458	3.538825	3458	353	4	2	6	5	0	0	0	2
'tarif'	361	2.557507	361	255	5	2	6	6	0	0	0	3
'tarir'	497	2.696356	497	269	5	2	5	5	0	0	0	5
'tarte'	429	2.632457	-2	-2	5	2	6	6	1	1	1	6
'tasse'	2131	3.328583	2131	332	3	1	6	4	0	0	0	7
'taupe'	365	2.562293	365	256	3	1	5	4	0	0	0	2
'teint'	2513	3.400192	2190	334	2	1	6	3	1	1	3	0
'tempe'	1914	3.281942	1914	328	3	1	5	4	0	0	0	2
'tempo'	199	2.298853	199	230	4	2	6	4	0	0	0	2
'temps'	121495	5.084558	121495	508	2	1	5	3	0	0	2	2
'tenir'	70966	4.85105	70966	485	5	2	4	4	0	0	0	1
'tente'	1961	3.292478	1961	329	3	1	6	4	0	0	1	10
'tenue'	3560	3.55145	3560	355	4	2	5	4	1	1	2	4
'terme'	12503	4.097014	12503	409	5	2	6	5	0	0	2	7
'terne'	1118	3.048442	1118	304	5	2	5	5	0	0	0	5
'terre'	45134	4.654504	45134	465	3	1	6	4	0	0	3	4
'texte'	7981	3.902057	7981	390	6	2	5	6	0	0	0	1
'tiens'	204	2.30963	204	231	3	1	5	3	0	0	3	3
'tiers'	1884	3.275081	-2	-2	4	1	5	5	1	1	1	1
'tigre'	527	2.721811	527	272	5	2	6	5	0	0	0	5
'tirer'	26449	4.422409	26449	442	4	2	5	4	0	0	1	5
'tison'	302	2.480007	302	248	4	2	6	4	0	0	0	4
'tissu'	2888	3.460597	2888	346	4	2	6	5	0	0	0	0

'titre'	9316	3.969229	9316	396	5	2	6	5	0	0	0	6
'toast'	191	2.281033	191	228	4	1	3	3	0	0	0	0
'toile'	5488	3.739414	5488	373	4	1	6	5	0	0	0	3
'tombe'	3803	3.580126	3803	358	3	1	6	4	0	0	0	3
'tondu'	302	2.480007	-2	-2	4	2	6	4	1	1	2	2
'tonne'	948	2.976808	948	297	3	1	6	4	0	0	0	5
'toque'	314	2.49693	314	249	3	1	6	4	0	0	3	4
'tordu'	1140	3.056905	-2	-2	5	2	6	5	1	1	3	2
'torse'	1207	3.081707	1182	307	5	2	5	5	1	1	1	5
'total'	8210	3.914343	-2	-2	5	2	6	6	2	2	3	2
'trace'	5705	3.756256	5705	375	4	1	6	5	0	0	0	3
'tract'	374	2.572872	374	257	5	1	6	6	0	0	0	3
'train'	16774	4.224637	16774	422	3	1	6	4	0	0	0	3
'trait'	13975	4.145352	13975	414	3	1	7	4	0	0	1	2
'trame'	889	2.948902	889	294	4	1	6	5	0	0	1	2
'trapu'	642	2.807535	642	280	5	2	6	5	0	0	1	0
'tribu'	1340	3.127105	1340	312	5	2	6	6	0	0	1	0
'trier'	293	2.466868	293	246	5	2	5	5	0	0	0	2
'tripe'	416	2.619093	416	262	4	1	6	5	0	0	0	1
'trois'	54310	4.73488	-2	-2	4	1	6	5	1	1	1	0
'tronc'	2531	3.403292	2531	340	3	1	6	4	0	0	0	0
'tueur'	251	2.399674	251	240	4	1	5	3	0	0	0	2
'tuile'	1284	3.108565	1284	310	4	1	6	5	0	0	0	3
'tulle'	361	2.557507	361	255	3	1	4	4	0	0	0	4
'tuyau'	1021	3.009026	1021	300	5	2	6	6	0	0	0	0
'tyran'	1514	3.180126	1514	318	4	2	6	4	0	0	1	0
'union'	4769	3.678427	4769	367	4	2	4	4	0	0	0	0
'usage'	7947	3.900203	7947	390	4	2	6	5	0	0	0	1
'usine'	3977	3.599556	3977	359	4	2	6	5	0	0	0	1
'usuel'	463	2.665581	463	266	5	2	6	6	0	0	1	0
'usure'	884	2.946452	884	294	4	2	5	5	0	0	0	0
'utile'	5743	3.759139	-2	-2	4	2	6	5	1	1	1	0
'vache'	3526	3.547282	-2	-2	3	1	6	4	1	1	1	3
'vague'	11877	4.074707	3616	355	3	1	6	4	1	1	1	3
'valet'	2688	3.429429	2688	342	4	2	6	4	0	0	0	3
'valse'	655	2.816241	655	281	5	2	6	5	0	0	0	1
'vaste'	8725	3.940765	8725	394	5	2	4	4	0	0	0	3
'veine'	2246	3.35141	2246	335	3	1	6	4	0	0	1	4
'vendu'	1680	3.225309	-2	-2	4	2	6	4	1	1	3	3
'venin'	421	2.624282	421	262	4	2	5	4	0	0	0	1
'venir'	129650	5.112773	129650	511	5	2	5	5	0	0	0	2
'vente'	1795	3.254064	1795	325	3	1	6	4	0	0	0	9
'venue'	10971	4.040246	-2	-2	4	2	5	4	1	1	3	4
'verbe'	2263	3.354685	2263	335	5	2	6	5	0	0	0	7

'verge'	251	2.399674	251	240	5	2	6	6	0	0	0	7
'verni'	740	2.869232	740	286	5	2	6	6	0	0	2	0
'verre'	9848	3.993348	9848	399	3	1	6	4	0	0	6	7
'vertu'	14694	4.16714	14694	416	5	2	6	6	0	0	0	1
'verve'	595	2.774517	595	277	5	2	6	5	0	0	0	6
'veste'	2063	3.314499	2063	331	5	2	5	5	0	0	0	9
'vexer'	327	2.514548	327	251	5	2	4	5	0	0	0	0
'vider'	2939	3.4682	2939	346	4	2	5	4	0	0	2	5
'vieux'	58441	4.766718	-2	-2	3	1	4	3	1	1	1	3
'vigne'	2790	3.445604	2790	344	3	1	6	4	0	0	0	4
'villa'	1974	3.295347	1974	329	5	2	6	4	0	0	0	1
'ville'	28465	4.454311	28465	445	3	1	5	4	0	0	2	5
'vingt'	20841	4.318919	-2	-2	2	1	6	3	1	1	3	0
'virer'	735	2.866287	735	286	4	2	5	4	0	0	1	5
'viril'	1063	3.026533	1063	302	5	2	6	6	0	0	1	2
'virus'	319	2.503791	319	250	5	2	5	5	0	0	0	0
'viser'	3594	3.555578	3594	355	4	2	5	4	0	0	1	4
'vital'	3654	3.562769	3654	356	5	2	6	6	0	0	1	1
'vitre'	3616	3.558228	3616	355	5	2	6	6	0	0	0	8
'vivre'	43207	4.635554	43207	463	5	2	6	4	0	0	1	3
'vocal'	297	2.472756	297	247	5	2	6	6	0	0	1	3
'vogue'	293	2.466868	293	246	3	1	6	4	0	0	0	4
'voici'	17932	4.253629	17932	425	5	2	4	4	0	0	0	0
'voile'	4552	3.658202	4552	365	4	1	6	5	0	0	0	4
'voire'	1829	3.262214	1829	326	4	1	5	5	0	0	1	7
'voler'	4254	3.628797	4254	362	4	2	5	4	0	0	1	5
'volet'	2437	3.386856	2437	338	4	2	6	5	0	0	0	3
'vomir'	940	2.973128	940	297	5	2	5	5	0	0	0	1
'voter'	1059	3.024896	1059	302	4	2	5	4	0	0	0	6
'votre'	57297	4.758132	57297	475	5	2	4	4	0	0	0	4
'vouer'	748	2.873902	748	287	3	1	4	3	0	0	0	9
'voulu'	23577	4.372489	23577	437	4	2	6	4	0	0	1	2
'voyou'	740	2.869232	-2	-2	5	2	4	5	1	1	1	0
'wagon'	2144	3.331225	2144	333	4	2	6	5	0	0	0	1
'yacht'	306	2.485721	306	248	3	1	6	4	0	0	0	0

Légende :

graph: Identité orthographique

frfrm: Fréquence d'usage des formes

frlex: Fréquence lexicale

cfrlex: Classe logarithmique de fréquence

nphons: Nombre de phonèmes

nsyll: Nombre de syllabes

pugraph: Point d'unicité orthographique

puphon: Point d'unicité phonologique

nbhom: Nombre de variantes grammaticales

nbhomg: Nombre d'homographes

nbhomp: Nombre d'homophones

nvoisort: nombre de voisins orthographiques

Voir Content et al. (1990) pour plus de précisions.

II) Matrices de corrélation de l'échantillonnage temporel (par paires de sujets)

Domaine temporel

L1

Ppt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		0.41	0.22	-0.30	0.10	0.41	0.45	-0.10	0.30	-0.18	-0.07	0.14	-0.07	0.29	-0.22	-0.40
2			-0.07	-0.41	0.52	0.41	0.14	0.20	0.32	-0.31	-0.09	0.01	-0.42	0.16	0.07	-0.06
3				-0.22	-0.08	-0.06	-0.12	-0.14	0.15	0.00	0.35	0.31	-0.23	-0.11	-0.20	-0.27
4					-0.37	0.15	-0.36	0.18	-0.17	0.05	-0.16	0.02	-0.29	-0.43	-0.04	0.20
5						0.23	0.03	0.15	0.13	-0.39	-0.08	0.03	-0.30	0.01	-0.22	0.11
6							0.04	0.38	0.39	0.04	0.13	-0.25	-0.54	0.23	-0.05	-0.10
7								-0.15	-0.06	-0.21	-0.29	-0.12	0.30	0.61	0.29	-0.01
8									0.15	0.11	0.17	-0.04	-0.27	-0.13	0.01	0.20
9										0.43	0.48	-0.02	-0.06	0.31	-0.16	-0.38
10											0.67	-0.32	0.22	0.28	-0.10	-0.11
11												-0.07	0.02	0.05	-0.39	-0.08
12													0.03	-0.49	-0.42	0.05
13														0.27	0.07	-0.16
14															0.41	-0.16
15																-0.01
16																

L2

Ppt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		0.25	-0.17	-0.30	-0.07	-0.05	-0.21	0.13	-0.01	-0.02	-0.06	-0.25	0.06	0.12	0.30	0.13
2			-0.02	0.16	0.06	-0.35	-0.01	-0.02	-0.13	0.03	-0.39	-0.32	0.63	0.28	0.28	-0.22
3				0.35	-0.11	-0.09	0.34	-0.33	0.11	-0.17	0.02	0.39	-0.28	0.15	-0.39	0.22
4					-0.22	-0.19	0.33	-0.25	0.21	-0.16	-0.13	0.32	-0.03	-0.10	-0.05	0.22
5						0.32	0.22	0.41	-0.23	0.47	0.24	-0.18	0.22	0.16	-0.29	-0.51
6							-0.08	0.28	-0.22	0.44	0.55	-0.03	-0.24	-0.32	-0.34	-0.10
7								-0.36	0.09	0.20	-0.15	0.57	-0.04	0.27	-0.19	-0.07
8									-0.08	0.22	0.30	-0.33	0.09	-0.34	-0.25	-0.27
9										-0.23	0.04	0.14	-0.08	-0.18	-0.04	-0.06
10											0.13	0.13	0.44	-0.06	0.02	-0.37
11												-0.30	-0.44	-0.44	-0.59	0.10
12													-0.24	0.17	0.04	0.12
13														0.19	0.47	-0.54
14															0.13	-0.25
15																0.02
16																

L3

Ppt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		-0.31	0.29	0.07	0.50	-0.13	-0.08	0.41	0.19	0.01	0.21	0.00	0.42	-0.38	0.13	0.01
2			0.09	-0.18	-0.48	0.26	-0.06	-0.20	0.26	-0.07	-0.26	-0.01	-0.08	0.02	0.00	0.42
3				0.37	0.16	0.15	-0.31	0.39	-0.03	-0.45	0.51	-0.03	0.41	-0.18	0.44	0.22
4					0.53	0.25	-0.09	0.38	-0.32	-0.51	0.27	0.19	-0.02	0.03	-0.21	0.18
5						0.24	-0.08	0.30	0.05	-0.25	0.32	-0.10	0.27	0.10	-0.21	-0.06
6							0.04	0.04	0.21	-0.06	0.10	-0.04	-0.13	0.40	0.06	0.55
7								-0.10	0.31	0.29	-0.39	0.12	-0.24	-0.14	-0.38	-0.04
8									-0.18	-0.09	0.38	0.31	0.36	0.04	0.27	0.11
9										-0.15	0.01	-0.28	0.25	-0.07	-0.02	0.56
10											-0.13	-0.02	-0.01	-0.16	0.15	-0.36
11												-0.11	0.56	-0.06	0.38	0.11
12													-0.19	-0.12	0.03	0.09
13														-0.13	0.38	0.06
14															-0.27	0.06
15																0.30
16																

L4

Ppt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		0.14	0.17	-0.39	-0.51	0.09	0.50	-0.09	0.27	-0.02	-0.06	-0.31	-0.14	-0.13	0.21	0.29
2			0.12	-0.12	-0.01	-0.19	0.21	-0.27	-0.02	0.02	0.01	0.06	0.04	0.08	0.07	0.16
3				-0.11	-0.49	-0.24	0.20	-0.30	-0.05	0.09	0.28	-0.08	-0.22	-0.12	-0.16	-0.01
4					0.21	0.18	-0.18	-0.05	-0.50	0.12	0.07	0.39	0.34	-0.35	0.16	-0.46
5						0.18	-0.21	0.25	-0.13	-0.14	0.19	0.22	0.32	0.28	0.36	-0.35
6							0.11	0.31	-0.14	-0.38	0.35	-0.02	-0.02	-0.11	0.19	0.13
7								0.23	0.10	-0.17	0.25	-0.15	0.04	-0.42	-0.05	0.31
8									0.14	-0.38	0.13	-0.13	-0.08	0.03	-0.09	0.02
9										0.40	-0.32	-0.25	-0.31	0.26	-0.19	0.29
10											-0.37	0.13	0.00	-0.10	-0.09	-0.31
11												0.00	-0.26	0.00	0.06	0.00
12													0.27	-0.38	-0.18	-0.16
13														-0.11	0.04	-0.39
14															-0.06	0.10
15																-0.36
16																

L5

Ppt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		-0.07	0.14	0.25	0.19	0.22	0.46	0.32	-0.53	-0.20	0.02	-0.37	0.03	0.00	0.33	-0.43
2			-0.13	0.10	-0.39	-0.30	0.01	-0.38	-0.40	-0.16	0.09	-0.04	0.24	-0.27	0.19	-0.34
3				-0.11	0.06	-0.02	0.13	0.02	0.02	0.07	-0.01	0.30	-0.06	0.21	0.18	0.10
4					-0.04	-0.33	0.37	0.11	0.19	-0.14	-0.34	-0.38	-0.04	0.25	-0.04	-0.27
5						0.31	0.18	-0.07	0.15	0.34	0.22	-0.08	-0.26	-0.04	0.21	0.12
6							0.19	0.11	-0.30	-0.14	0.23	-0.01	-0.21	-0.31	-0.33	0.39
7								-0.02	-0.13	-0.45	-0.31	-0.08	-0.17	0.31	0.07	-0.29
8									0.13	-0.05	-0.02	-0.19	-0.15	-0.04	-0.07	0.01
9										0.15	-0.30	0.19	-0.13	0.27	-0.25	0.25
10											0.18	0.16	-0.11	-0.18	0.08	0.13
11												-0.03	0.27	-0.39	-0.07	0.16
12													-0.08	0.08	-0.04	0.41
13														-0.07	-0.22	-0.40
14															0.08	0.02
15																-0.31
16																

Domaine temps-fréquence

L1

Ppt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		0.87	0.58	0.88	0.93	0.69	0.82	0.95	0.86	0.59	0.92	0.99	0.83	0.83	0.90	0.93
2			0.47	0.88	0.90	0.50	0.71	0.91	0.81	0.50	0.91	0.87	0.74	0.71	0.89	0.89
3				0.48	0.70	0.90	0.89	0.46	0.79	0.95	0.43	0.59	0.85	0.88	0.43	0.71
4					0.84	0.59	0.70	0.87	0.77	0.49	0.87	0.88	0.71	0.71	0.97	0.82
5						0.73	0.90	0.88	0.96	0.69	0.85	0.94	0.90	0.90	0.86	0.99
6							0.91	0.54	0.78	0.93	0.48	0.72	0.84	0.88	0.55	0.72
7								0.72	0.94	0.86	0.67	0.83	0.98	0.99	0.68	0.90
8									0.79	0.48	0.99	0.95	0.76	0.74	0.90	0.88
9										0.75	0.76	0.86	0.95	0.95	0.77	0.97
10											0.44	0.62	0.80	0.83	0.48	0.68
11												0.91	0.71	0.70	0.89	0.86
12													0.83	0.83	0.91	0.92
13														0.99	0.68	0.91
14															0.68	0.90
15																0.83
16																

L2

Ppt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		0.90	0.74	0.92	0.95	0.65	0.79	0.97	0.80	0.71	0.96	0.99	0.76	0.79	0.89	0.93
2			0.75	0.94	0.94	0.74	0.79	0.90	0.82	0.71	0.93	0.90	0.73	0.78	0.92	0.94
3				0.74	0.79	0.90	0.86	0.72	0.85	0.98	0.76	0.74	0.84	0.87	0.69	0.82
4					0.92	0.68	0.79	0.91	0.78	0.72	0.93	0.91	0.73	0.78	0.97	0.90
5						0.76	0.85	0.91	0.90	0.76	0.94	0.94	0.84	0.86	0.90	0.99
6							0.92	0.64	0.91	0.90	0.68	0.69	0.92	0.94	0.64	0.80
7								0.75	0.94	0.85	0.76	0.81	0.97	0.99	0.79	0.89
8									0.80	0.72	0.99	0.97	0.74	0.77	0.86	0.90
9										0.86	0.82	0.83	0.97	0.97	0.74	0.92
10											0.75	0.71	0.86	0.89	0.66	0.79
11												0.96	0.75	0.78	0.87	0.93
12													0.79	0.81	0.87	0.92
13														0.99	0.69	0.85
14															0.75	0.88
15																0.90
16																

L3

Ppt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		0.87	0.78	0.74	0.94	0.67	0.80	0.96	0.83	0.66	0.94	0.99	0.81	0.80	0.56	0.92
2			0.72	0.89	0.85	0.61	0.74	0.88	0.75	0.64	0.91	0.86	0.74	0.72	0.72	0.84
3				0.59	0.76	0.87	0.89	0.71	0.85	0.91	0.67	0.75	0.86	0.89	0.53	0.77
4					0.71	0.57	0.66	0.77	0.67	0.58	0.79	0.75	0.64	0.62	0.92	0.72
5						0.72	0.88	0.89	0.90	0.70	0.88	0.90	0.89	0.89	0.52	0.99
6							0.95	0.59	0.86	0.94	0.57	0.61	0.88	0.92	0.55	0.76
7								0.72	0.94	0.91	0.71	0.74	0.96	0.98	0.59	0.90
8									0.73	0.56	0.99	0.98	0.71	0.69	0.58	0.87
9										0.87	0.71	0.76	0.98	0.97	0.60	0.92
10											0.54	0.60	0.90	0.91	0.58	0.73
11												0.96	0.69	0.68	0.59	0.86
12													0.74	0.73	0.57	0.88
13														0.99	0.56	0.91
14															0.54	0.91
15																0.55
16																

L4

Ppt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		0.90	0.85	0.91	0.97	0.88	0.90	0.97	0.91	0.84	0.96	0.99	0.92	0.92	0.88	0.97
2			0.86	0.95	0.90	0.84	0.85	0.93	0.86	0.84	0.93	0.90	0.83	0.87	0.92	0.92
3				0.81	0.82	0.91	0.94	0.88	0.84	0.96	0.90	0.86	0.90	0.93	0.76	0.85
4					0.90	0.80	0.81	0.94	0.79	0.80	0.91	0.93	0.79	0.82	0.96	0.90
5						0.89	0.88	0.95	0.91	0.80	0.93	0.95	0.91	0.91	0.87	0.98
6							0.97	0.89	0.93	0.94	0.88	0.87	0.95	0.97	0.77	0.92
7								0.90	0.94	0.96	0.90	0.90	0.98	0.99	0.79	0.92
8									0.89	0.85	0.98	0.98	0.91	0.92	0.91	0.96
9										0.88	0.88	0.89	0.96	0.95	0.78	0.96
10											0.86	0.85	0.91	0.94	0.77	0.85
11												0.96	0.90	0.91	0.90	0.94
12													0.90	0.91	0.90	0.96
13														0.99	0.77	0.93
14															0.79	0.94
15																0.88
16																

L5

Ppt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1		0.92	0.69	0.88	0.97	0.87	0.90	0.98	0.94	0.82	0.97	0.99	0.91	0.91	0.85	0.96
2			0.51	0.97	0.93	0.77	0.84	0.93	0.94	0.70	0.94	0.91	0.88	0.86	0.92	0.93
3				0.45	0.75	0.86	0.83	0.66	0.69	0.93	0.63	0.65	0.77	0.80	0.44	0.73
4					0.89	0.70	0.78	0.88	0.88	0.65	0.88	0.86	0.82	0.79	0.97	0.88
5						0.90	0.94	0.96	0.97	0.88	0.95	0.96	0.95	0.94	0.86	0.99
6							0.98	0.86	0.87	0.95	0.86	0.85	0.95	0.97	0.66	0.88
7								0.90	0.92	0.93	0.90	0.88	0.97	0.99	0.74	0.93
8									0.93	0.78	0.99	0.98	0.91	0.91	0.84	0.95
9										0.84	0.93	0.92	0.95	0.94	0.85	0.98
10											0.77	0.78	0.90	0.91	0.64	0.86
11												0.98	0.92	0.92	0.83	0.94
12													0.91	0.90	0.84	0.95
13														0.99	0.78	0.94
14															0.75	0.93
15																0.85
16																

III) Analyses phase-amplitude

